

Allgemeine Anatomie

Orientierung

Räumliche Achsen:

- **Longitudinalachse** (Längs): Kranial ↔ Kaudal
- **Transversalachse** (Quer): Rechts ↔ Links
- **Sagittalachse**: Rücken ↔ Bauch

Ebenen (aus 2 Achsen):

- **Sagittalebene**: Longitudinalachse + Sagittalachse
 - **Medianebene**: Teilt den Körper (durch den Bauchnabel) in linke und rechte Hälfte (Antimere)
- **Transversalebene** (Querschnitt): Transversalachse + Sagittalachse
- **Frontalebene** (Längsschnitt): Longitudinalachse + Transversalachse

Definitionen

- **Wachstum**: Vermehrung von Zellen durch Hypertrophie (bei spezialisierten Zellen) oder Teilung.
- **Hypertrophie** (Volumenvergrößerung): Zunahme des Zellvolumens ohne Zunahme der Zellzahl, z.B. beim Herz (Herzinsuffizienz), trainierter quergestreifter Muskulatur oder Myometrium (Uterusmuskulatur) in der Schwangerschaft.
- **Hyperplasie** (numerisches Wachstum): Reversible (im Gegensatz zur Neoplasie) Zunahme der Zellzahl, z.B. Erythrozytenzunahme bei Leistungssportlern oder in großer Höhe.
- **Metaplasie**: Umwandlung differenzierter Gewebe ineinander mit (direkte M.) oder ohne (indirekte M.) Zellteilung
- **Hypoplasie**: Organ-Unterentwicklung.
- **Aplasie**: Fehlende Organanlage (Agnésie) oder Organentwicklung (Aplasie).
- **Proliferation** (Wucherung): Über die normale Zellteilung hinausgehendes Wachstum, z.B. in Entzündungen und Tumoren.
- **Differenzierung**: Induzierte Zellspezialisierung während der Keimentwicklung mit Ausbildung besonderer Eigenschaften bei gleichem Genesatz.
- **Nekrose**: Lokale Gewebeerstörung durch irreversiblen Funktionsausfall (Koagulation, Verkäsung, Kolliquation).
- **Atrophie**: Verringerung der Zellzahl- (Involution) oder Größe (Muskelschwund).
- **Degeneration**: Verminderte Zelleistung durch Entartung oder minderwertigen Ersatz (Fettleber).
- **Regeneration** (Gewebe Neubildung): Von undifferenzierten Stammzellen ausgehender Gewebeersatz; die physiologische Regeneration von Funktionsgewebe ist auf Blutzellen, Epidermis, Schleimhautepithel, Haare und Endometrium beschränkt. Andere Gewebe werden pathologisch durch Bindegewebe ersetzt (Narbenbildung).
- **Synzytium**: Mehrkerniger Verband verschmolzener Zellen ohne Zellgrenzen (Synzytiotrophoblast).
- **Plasmodien**: Mehrkernige Zellen die durch Kernteilung ohne Zelltrennung entstehen. In der Parasitologie auch Erreger der Malaria.

Zellteilungsformen

- **Meiose** (Reduktionsteilung zur Gametenbildung), aus einer diploiden (voller Chromosomensatz) Zelle entstehen 2 haploide (halber Chromosomensatz) Gametenpaare (Eizellen oder Spermien). Bei der Befruchtung verschmelzen die männlichen und weiblichen Gameten wieder zu einer Zygote mit diploidem Chromosomensatz. Die Meiose verläuft in 2 Phasen, so dass insgesamt 4 haploide Gameten entstehen (Spermien, Oozyte + Polkörper).
- **Mitose**, normale somatische Zellteilung mit Reduplikation des Chromosomensatzes in der Interphase unter Verteilung je eines Chromosomensatzes auf jede diploide Tochterzelle (Karyokinese).

Oogenese

1. Wachstumsperiode (Pränatal)

- Entwicklung der **haploiden entodermalen Urkeimzellen**, die in der 5. Woche im Dottersack entstehen, zu **Oogonien**, die sich in der Dottersackwand zu Keimsträngen zusammenlagern.
- Proliferation der Oogonien, wobei die Keimstränge zu **Eiballen** gruppiert werden. Von den 6 Millionen gebildeten Oogonien bleiben bis zur Geburt nur ca. 1 Million übrig. Die Oogonien wandern in der 4. Woche in die Gonaden.

1. Ruheperiode (Präpubertär)

- Differenzierung (Beginn der Meiose I) der Oogonien zu diploiden **primären Oozyten**, die in der Prophase der Meiose I (**Diktyotän**) verharren. Entwicklung zu von einschichtigem Plattenepithel umgebenen **Primordialfollikeln**; bei einigen Follikeln (**Primärfollikel**) bildet sich ein kubisches Epithel.

2. Wachstumsperiode (Postpubertäre Follikelreifung)

- Bildung des haploiden **Sekundärfollikels** unter hormoneller Stimulation (FSH aus HVL) in den ersten Zyklustagen:
 - **Membrana granulosa**, mehrschichtiges Follikelepithel mit Granula.
 - **Zona pellucida**, von der Membrana granulosa abgesonderte Glykoproteinschicht.
- Bildung der Theca folliculi aus Bindegewebe des Ovars:
 - **Theca interna** (innere Schicht) gibt Östrogen ab.
 - **Theca externa** hat Stützfunktion.
- Entwicklung zum **Tertiärfollikel** im Cumulus (Eihügel) des **Antrum** (flüssigkeitsgefüllte Eihöhle) unter LH-Einfluss. Die Membrana granulosa entwickelt sich zur kranzartigen **Corona radiata**, welche Progesteron in das Antrum abgibt. Während in den Ovarien viele Primär- und Sekundärfollikel vorhanden sind, kommen Tertiärfollikel nur selten vor.
- Die meisten der Primordial- und Primärfollikel gehen in der Pubertät zugrunde (**Follikelatresie**), wobei interstitielle Theca interna Zellen zurückbleiben können, die Testosteron und Östrogen synthetisieren. Bei der Menarche (Beginn der Regelblutung) sind noch ca. 40.000 Follikel erhalten, in der Menopause sind keine mehr vorhanden.

2. Ruheperiode (Reifung zum Graaf-Follikel)

- Jeden Monat entwickelt sich eines der Tertiärfollikel unter Hormoneinfluss zum sprungbereiten **Graaf-Follikel** (ca. 2.5 cm), das 12h vor der **Ovulation** (Eisprung) um den 14. Zyklustag die 1. Meiose vollendet wobei 2 haploide Tochterzellen (sekundäre Oozyte + 1. Polkörperchen) entstehen. Das 1. Polkörperchen ist dabei funktionslos.
- Die **sekundäre Oozyte** beginnt die 2. Meiose bis zur Metaphase 2 und bleibt dort bis zur Befruchtung durch ein Spermium stehen. Erst nach der Befruchtung entsteht die eigentliche Eizelle (**Ovum**) und das 2. Polkörperchen, welches ebenfalls abgestossen wird.
- Nach der Ovulation wandeln sich die Theca interna und Membrana granulosa unter LH-Stimulation aus den basophilen Zellen des HVL über ein Corpus rubrum in das **Corpus luteum** um, das vor allem Progesteron (aus Granulosaluteinzellen) und etwas Östrogen (aus Thekaluteinzellen) sezerniert, wodurch das Endometrium (Uterusschleimhaut) in die Sekretionsphase eintritt um eine Einnistung zu ermöglichen. Durch die dauerhafte Zufuhr von Geschlechtshormonen wird dabei der LH-Spiegel Feedback-gehemmt (vgl. Kontrazeption) und somit eine weitere Ovulation während der Schwangerschaft verhindert.
- Nach der Befruchtung in der Tuba uterina entwickelt sich das Corpus luteum unter HCG-Einfluss (aus Langerhans-Zellen von Trophoblast→Plazenta) zum **Corpus luteum graviditatis** dessen Funktion nach 6-8 Wochen von der Plazenta selbst übernommen wird.
- Findet keine Befruchtung statt bildet sich das Corpus luteum zum **Corpus luteum menstruationis** zurück, es belicht eine Narbe zurück (**Corpus albicans**).

Spermatogenese (~74d)

Die **haploiden entodermalen Urkeimzellen** (vor der Geschlechtsdifferenzierung) des Embryos entstehen durch Meiose in der Wand des entodermalen Dottersacks und wandern in der 4. Schwangerschaftswoche in die Gonaden ein.

Die entodermalen Urkeimzellen spalten sich durch Mitose in diploide **Spermatogonien** (10µm, Typ A = Stammzellen, Typ B = Spermien-Vorstufen), die sich in den **Tubuli seminiferi contorti** (Keimepithel) der Hoden zu Zellklonen von **primären Spermatozyten** entwickeln, die einen 4-fachen Chromosomensatz (**Tetrade**) besitzen.

Bau der Tubuli:

- **Lamina limitans** aus äusseren Kollagenfasern und inneren Myoblasten, die durch Kontraktion den Samentransport bewirken.
- **Basallamina**
- **Keimepithel** mit Sertoli-Zellen (Blut-Hoden-Schranke, Stützung und Ernährung der Samenzellen), Leydig-Zwischenzellen (Testosteron-Synthese) und den verschiedenen Entwicklungsstadien der Samenzellen.

Gegen Ende der Pubertät kommt es zur 1. Meiose der primären Spermatozyten, es entstehen 2 diploide **sekundäre Spermatozyten** (2 Chromosomen) die sich in der 2. Mitose zu 2 haploiden **Spermatiden** (1 Chromosom) teilen.

Die Spermatiden reifen in der Spermio-genese (unter dem Einfluss der **Sertoli-Zellen**) in 4er oder 8er Gruppen zu **Spermien** (l=60µm) heran, die in den Nebenhoden (Epididymidis) gespeichert werden, um bei der Ejakulation (ca. 100 Mio./ml) über den Ductus deferens, der zusammen mit der Gl. vesiculosa (Bläschendrüse, gibt ein alkalisches, fruktosehaltiges Sekret zur Energiegewinnung der Spermien ab) in den Urethra (Harnröhre) zu münden. Zusätzlich gibt umgebende Prostata ein alkalisches Sekret ab, die Funktion der Gl. bulbourethralis (Cowper-Schleimdrüse) ist nicht vollständig geklärt.

Bau der Spermien

- Kopf mit:
 - Abgerundetem Zellkern mit haploiden Chromosomen
 - Aus dem Golgi-Apparat hervorgehendes **Akrosom**, das den Zellkern umgibt und hydrolytische Enzyme zur Auflösung der Zona pellucida der Eizelle bei der Befruchtung enthält.

- Schwanz mit:
 - Basalplatte
 - Zentriol, bildet später die Teilungsspindel
 - **Axonema** aus 2 zentralen Doppeltubuli und neuen äusseren Tubuli (9x2+2), die von Mitochondrien umgeben sind, welche durch ATP und Dynein die Beweglichkeit des Spermiums ermöglichen.

Befruchtung

Trifft ein Spermium (i.d.R. in der Ampulla) auf eine reife sekundäre Oozyte wird durch Fertilisin die Glykoproteinmembran der Spermiumkopfes aufgelöst (**Kapazitation**), durch die Corona radiata dringt das Spermium in die sekundäre Oozyte ein und besamt sie nach Auflösung der Zona pellucida. Hierdurch wird die Zona pellucida undurchdringlich und die sekundäre Oozyte vollendet die 2. Mitose während das Spermium seinen Schwanz zurückbildet.

Durch Verschmelzung der beiden haploiden Vorkerne bildet sich die diploide **Zygote** (Befruchtung) und das spätere Geschlecht wird festgelegt (je nachdem ob das Spermium ein X oder Y Chromosom enthält, da die Eizelle immer ein X-Chromosom besitzt).

Die Zygote beginnt mit der Furchungsteilung in pluripotente **Blastomeren**, wobei das embryonale Genom erst ab dem 4-Zell Stadium mit der eigenen Transkription beginnt. Werden die Blastomeren in diesem Stadium getrennt entstehen Mehrlinge, ein Absterben einzelner Blastomeren hat jedoch keine schädigen Folgen.

Nach 3 Tagen haben sich 16 Blastomeren gebildet (**Morula**=Maulbeere, 150µm), während der durch Flimmerepithel, Flüssigkeitsstrom und Peristaltik bewirkten Wanderung zum Uterus löst sich die Corona radiata auf und die Morula entwickelt sich durch Flüssigkeitsaufnahme in eine Höhle (Blastozöle) die **Blastozyste**, die von einer **Trophoblast** genannten Schicht umgeben ist, aus welcher der kindliche Anteil der Plazenta hervorgeht. Der Trophoblast differenziert zu Synzytiotrophoblast, Zytotrophoblast (von dem sich die Zellen des extraembryonalen Mesenchyms → Chorionhöhle abspalten) und Chorion (Eihaut).

Aus dem Embryoblasten der Blastozyste gehen der **Embryo**, Amnionepithel (innere Eihaut), und Dottersack hervor.

Am 6. Tag nistet sich die Blastozyste im Emdometrium des oberen Uterusdrittels ein, verschmilzt bis zum 8. Tag mit diesem (Synzytiotrophoblastenbildung) und wandert in das Stratum compactum. Eine Einnistung an anderen Orten kann zu Komplikationen führen (Zervix-, Ovarial-, Tuben-, Bauchhöhlenschwangerschaft).

Plazentation

Die nervenfreie Plazenta (ø15-20cm, d=2-3cm, ca.500g) dient der Versorgung (Nährstoffe und O₂/CO₂) des Embryos und ist eine endokrine Drüse, die Sexualhormone (Östrogen, Progesteron, HPL, HCG) abgibt. Die Plazenta ist selektiv und lässt z.B. Erythrozyten und Ig nur schwer passieren.

Aus dem mesenchymalen **Haftstiel** entsteht zusammen mit dem rückgebildeten Dottersack in der 5. Woche die **Nabelschnur** (mit den 2 sauerstoffarmen Aa. und einer V. umbilicalis), welche Plazenta und Embryo verbindet.

Zunächst werden die Embryonalzotten in Lakunen („Seen“) des Synzytiotrophoblasten direkt von mütterlichem Blut umspült (uteroplazentarer Kreislauf), am 13. Tag wachsen aus dem **primärem Chorion** (aus Synzytio- und Zytotrophoblastenzellen) der Plazenta fetalis **Primärzotten** in die Lakunen ein, die durch Einwachsen von extraembryonalen Mesenchymzellen (Bindegewebe aus dem Zytotrophoblasten) erst zu **Sekundärzotten** und durch das Einsprossen von embryonalen Kapillaren zu **Tertiärzotten** werden, die mit ihren Mikrovilli Stoffe resorbieren.

Mit der Bildung der Tertiärzotten verbinden sich die Lakunen zu einem einzigen intervillösen Raum ohne Kapillaren (RR ~10mmHg), die Zotten bilden sich bis auf einen Bereich um den Implantationspol zurück (Corion laeve), der zottentragende Bereich (Chorion frondosum) wird als **Chorionplatte** bezeichnet.

In der ersten Schwangerschaftshälfte befinden sich **Hofbauer-Zellen** im Zottenstroma die neben Phagozytose auch IFN und IL-1 synthetisieren.

Die Tertiärzotten verzweigen sich zu ca. 200 **Kotyledonen** (Zottenbäumchen), die den funktionellen Teil der Plazenta bilden und neben der Ernährung auch der Verankerung (Haftzotten) im Endometrium (dessen Zona functionalis die **Placenta materna** bildet) dienen, wobei der Bereich in dem Zytotrophoblast und Endometrium ineinander verwachsen als **Basalplatte** bezeichnet wird.

Gegen Ende der Schwangerschaft degenerieren die Trophoblastenzellen zu Fibrinoid (aus Fibrin, Ig und Proteoglykanen), das eine immunologische Trennschicht zwischen fetalem und maternalem Gewebe schafft.

Die Placenta materna bildet sich zur **Decidua graviditatis** (mit Decidua basalis, -capsularis, -parietalis) zurück, die mit den Eihäuten (Amnion und Chorion) nach ca. 30m durch neutrophile Granulozyten unterstützt als Nachgeburt ausgestossen wird.

Plazentarkreislauf

Das in der 3. Woche als Schläuche angelegte Herz beginnt am 28. Tag zu schlagen, am Ende des 2. Monats ersetzt der Plazentarkreislauf den Dottersackkreislauf.

Durch den **Ductus venosus Arantii** gelangt das O₂-reiche Blut aus der **V. umbilicalis** (z.T. über die Leber) in die V. cava inf. (→ rechtes Atrium). Durch die Valvula venae cavae inf. wird das Blut durch das offene **Foramen ovale** über das linke Atrium in die Aorta geleitet.

Das O₂-arme Blut gelangt durch die V. cava sup. über die Valvula sinus coronarii in den linken Ventrikel und über den **Ductus arteriosus Botalli** zusammen mit dem O₂-reichen Blut in die Aorta. Daher führen alle fetalen Arterien Mischblut.

Aus der Aorta descendens gelangt das Blut über die Aa. iliacae durch die **Aa. umbilicales** zur Plazenta zurück.

Durch den bei der Geburt steigenden CO₂-Gehalt wird das Atemzentrum und damit der Lungenkreislauf aktiviert, beim ersten Atemzug verschliessen sich der Ductus arteriosus Botalli (verodet zum Lig. arteriosum) und das Foramen ovale (mit Septum primum und secundum) durch die veränderten Druckverhältnisse (kompletter Körperkreislauf).

Ein Teil der Aa. umbilicales verödet zum Lig. umbilicale mediale, die V. umbilicalis verödet zum Lig. teres hepatis, der Ductus venosus Arantii verödet zum Lig. venosum.

Entwicklung

Die zweiblättrige Keimscheibe (**Entoderm** und **Ektoderm**), sowie **Amnionhöhle** (zwischen Embryo- und Trophoblast) mit Fruchtwasser (das zunächst von ektodermalen Amnionzellen, später von der Mutter produziert wird), **primärer Dottersack** (mit Heuser-Zellen), **Haftstiel** und **Chorion** (mittlere Eihaut) bilden sich.

Die **Zygote** (Morula, Stadium der Furchungsteilung mit pluripotenten Stammzellen bis zum 8-Zell Stadium) wandert in der Tuba zum Uterus, wo sie sich am 6. Tag einnistet und durch Gastrulation (Mitose) zur **Blastozyste** (3 Keimblätter: Ekto-, Meso-, Entoderm) entwickelt.

Ab dem 10. Tag beginnt die Bildung der Plazenta mit kindlichem (Placenta fetal) und mütterlichem (Placenta maternal) Anteil, wobei sich das Bindegewebe des Endometriums später unter Einfluss von Progesteron aus dem Corpus luteum zu **Deziduazellen** (die als Schwangerschaftsbeweis dienen können) umwandelt, die Glykogen und Lipide speichern.

Bei der Bildung des **sekundären Dottersacks** am 12. Tag bleibt ein Teil des primären Dottersacks als **Exozölzyste** zurück. In der 2. Woche beginnt das **Embryonalstadium**, in dem die Organdifferenzierung (reguliert über Transkriptionsregulatorgene, insb. der HOX-Familie) beginnt, ab der 8. Woche bis zur Geburt findet mit der **Fetalphase** die Organreifung statt.

Mesoderm

Am 15. Tag bildet sich durch streifenförmige Invagination von Ektodermzellen der **Primitivstreifen** (mit Primitivrinne und kranialem Knoten) aus dem sich am 16. Tag das intraembryonale **Mesoderm** (mittleres Keimblatt) entwickelt. Der Primitivstreifen legt die spätere Längsachse des Körpers fest.

Im Primitivknoten sinkt die Primitivgrube ein in der sich für kurze Zeit eine Verbindung zwischen Amnionhöhle und Dottersack, der **Canalis neurentericus**, bildet.

Die Zellen der Primitivgrube vereinigen sich zum **Chorafortsatz**, der bis zur Prächordalplatte (der späteren Rachenmembran) reicht und dessen Dach (Chordaplatte) sich in der 4. Woche zur **Chorda dorsalis** (Wirbelsäulen-Vorläufer, Reste im **Nucleus pulposus** der Bandscheiben erhalten) faltet.

- Das neben den Chordaachse liegende **paraxiale Mesoderm** segmentiert zu paarigen **Somniten** (Ursegmente), aus denen am 30. Tag das **Mesenchym** (embryonales Bindegewebe), **Myotom** (spätere Körperwand- und Extremitätenmuskulatur) und **Dermatom** (spätere Dermis/Korion, bindegewebiger Hautanteil) entwickeln (**Metamerie**, erhalten in Wirbelsäule, kurzen Rückenmuskeln, rippen, Interkostalraum).
- Das dünne, unsegmentierte **Seitenplattenmesoderm** bildet einen Hohlraum (**embryonales Zölom**), aus dem sich die 3 Körperhöhlen entwickeln (Perikard-, Pleura- und Parietalhöhle).
- Zwischen paraxialem und Seitenplatten-Mesoderm liegt das **intermediäre Mesoderm** mit **Nephrotomen**, den späteren Nieren.

Neuralplatte ® Neuralrohr

In der 3. Woche verdichtet sich das Ektoderm oberhalb des Primitivknotens zur **Neuralplatte**, aus dessen Neurektodermzellen das spätere Nervensystem differenziert. Die Neuralplatte wird durch die **Neuralleiste**, aus der sich die Spinalganglien zwischen den Somniten entwickeln, vom Ektoderm getrennt.

- Ganglien von N. trigeminus (V₄), N. facialis (VII), N. vestibulocochlearis (VIII), N. glossopharyngeus (IX), N. vagus (X).
- Ganglien des vegetativen Nervensystems (Sympathikus, G. cardiacum, G. mesentericum).
- Glia- und Schwannzellen.
- APUD-Zellen (NNR, Paraganglien, Melanoblasten).

Am 18. Tag faltet sich die Neuralplatte Neuralrinne die sich am 22. Tag zum **Neuralrohr** vereint, dessen Kopf das spätere Gehirn und Schwanz das spätere Rückenmark bilden.

Hämazytopoese

Aus der Dottersackhülle (**Splanchnopleuramesenchym**) bilden sich ausgehend von **Blutinseln** die Gefäße (aus **Angioblasten**) und Blutzellen (aus **Hämazytoblasten**).

- **Megablastische Periode** (2.W-2.M): Bildung von Megaloblasten, die in das Leber-Sinusendothel wandern, Rückbildung des Dottersacks
- **Hepatolienale Periode** (2.M-8.M): Bildung von Retikulozyten und Granulozyten-Vorläufern, Wanderung der Stammzellen in das Knochenmark.
- **Medulläre Periode** (am 5.M): Übernahme der Blutproduktion durch das rote Knochenmark.

Reifezeichen

Sichere Reifezeichen bei der Geburt sind Gewicht 2800-4100g, Länge 48-54cm, Kopfumfang 33.5-37cm und Brustumfang 30-35cm (erst ab dem 2. Jahr grösser als Kopfumfang).

Frühgeburten haben ab dem 7. Monat (Entwicklung der Alveolen) eine Überlebenschance, müssen jedoch in den Brutkasten, da das isolierende Unterhautfettgewebe erst im 8. Monat aufgebaut wird.

Mehrlinge

Eineiige Zwillinge können aus den ersten beiden Blastomeren einer Zygote, doppelte Embryoanlage einer Blastozyste mit geteilter Chorionhöhle oder Teilung im Stadium der zweiblättrigen Keimscheibe mit gemeinsamer Chorion- um Amnionhöhle bilden.

Zweieiige Zwillinge (verschiedene Oozyten) können durch gleichzeitige Ovulation von 2 Graaf-Follikeln oder aus einem Graaf-Follikel mit 2 Oozyten entstehen.

Gelenke: Synarthrosen + Diarthrosen

Synarthrosen sind durch ein Zwischengewebe (Bindegewebe oder Knorpel) vollständig aber unbeweglich verbundene Knochen:

- **Articulationes fibrosae (Bandgelenke)** sind durch straffes Bindegewebe verbunden.
 - Syndesmosen: Membrana interossea antebrachii (Ulna-Radius), Lig. Nuchae (Nackenband).
 - Suturen: Kollagene Verbindung von Schädelknochen, die später verknöchern.
 - Gomphosis: Kollagene Verzäpfung der Zähne in den Alveolen.
- **Articulationes cartilagineae (Knorpelgelenke)** sind durch Knorpel verbunden
 - Synchronosen: Aus hyalinem Knorpel.
 - Symphysen: Aus Faserknorpel.

Diarthrosen sind echte Gelenke mit einem **Gelenkspalt** in dem sich die von kubischen Fibrozyten im gefalteten *Stratum synovialis* der Gelenkkapsel gebildete *Synovia* (Gelenkschmiere aus Glukose und Hyluronsäure) befindet. Durch das Nerven- und gefäßreiche Stratum synovialis kann es zu starken Schmerzen z.B. im Rahmen von Arthritis und Rheuma kommen.

Die äußere Schicht der Kapsel wird vom kollagenen *Stratum fibrosum* gebildet, welches in das Periost der Knochen übergeht und durch Ligamente stabilisiert wird.

Die Knochenenden im Gelenkspalt sind von Perichondiumfreiem (keine Regeneration!) hyalinem Knorpel (ausser Faserknorpel im Kiefer- und Klavikulargelenk) überzogen (**Gelenkknorpel**).

In manchen Gelenkspalten (Kiefer- und Kniegelenk) können **Zwischenscheiben** (Disci- und Menisci articulares) aus Faserknorpel gefunden werden.

Zwischen der Gelenkkapsel und dem umgebenden Gewebe kann ein der Druckverteilung dienender Schleimbeutel (**Bursa synovialis**) liegen.

Muskeln

Muskelgewebe ist durch Myofibrillen (Aktin- + Myosinfilamente) zur Kontraktion befähigt, die Gewebetypen können in glatte Muskulatur und quergestreifte Muskulatur (Skelett- und Herzmuskulatur) eingeteilt werden. Je nach Art des Muskels kann es zu verschiedenen Kontraktionsformen kommen:

- **Isotonische Kontraktion:** Sarkomerenverkürzung (**Gleitfilament**) zu Verrichtung von *Bewegungsarbeit* (Fasern Typ II).
- **Isometrische Kontraktion:** Verrichtung von *Haltearbeit* (Fasern Typ I) ohne Sarkomerenverkürzung.

Bei Bewegungen können Muskeln unterschiedlicher Herkunft zu **funktionellen Muskelgruppen**, bzw. bei gleicher Herkunft zu **genetischen Muskelgruppen** organisiert sein, die oft als Paar von Antagonist/Synergist agieren.

Reicht die physiologische Kontraktion von Muskeln nicht aus um ein Gelenk maximal auszulenken (z.B. Flexion des Kniegelenks) handelt es sich um **aktive Muskelinsuffizienz**, eine mangelnde Dehnbarkeit (untrainiert) wird als **passive Muskelinsuffizienz** bezeichnet.

Kreislauf

Grobe Einteilung in grossen Kreislauf (Körperkreislauf) und kleinen Kreislauf (Lungenkreislauf).

- **Grosser Kreislauf:** Aus dem linken Herz über die Aorta → Arterien → Arteriolen (kleine **Widerstandsgefäße**, die den Blutdruck mitbestimmen) zu den gewebeversorgenden Kapillaren, mit denen das **Niederdrucksystem** beginnt (enthält 85% des Blutvolumens). Das sauerstoffarme Blut gelangt über die Venolen → Venen → V. cava superior/inferior (Pfortadersystem, das nährstoffreiches Blut aus den Eingeweiden zur Leber transportiert) zum rechten Herz.
- **Kleiner Kreislauf:** Verbindet rechtes und linkes Herz über die Lunge, wo die Erythrozyten CO₂ gegen O₂ tauschen. Dabei transportieren Tr. Pulmoanlis → Aa. Pulmonales das O₂ arme Blut zu den Lungenalveolen und die Vv. Pulmonales das O₂ reiche Blut zum linken Herz.

Das aus Venenausstülpungen (kein Kreislauf!) entstandene **Lymphgefäßsystem**, welches u.a. Fett aus Darm (*Chylus*) und Gewebeflüssigkeit abtransportiert, mündet mit zwischengeschalteten Lymphknoten über den **Ductus thoracicus** in die V. subclavia.

Gefäßwand

Die grösseren Gefäße haben einen 3-schichtigen Wandbau, wobei die Schichten der Arterien getrennt sind und die Schichten der Venen ineinander übergehen.

- **Tunica intima** (Interna), gewellt mit Endothel, Bindegewebe (Stratum subendotheliale) und fenestrierter *Membrana elastica interna* (die bei den Arteriolen fehlt).
- **Tunica media**, dient der vegetativen **Blutdruckregulation** durch ringförmig angeordnete Myozyten (glatte Muskelzellen) und bei grösseren Gefäßen mit *Membrana elastica externa*
- **Tunica externa** (Adventitia), versorgende Schicht in dessen Bindegewebe (Kollagen I) Nervenfasern und bei grösseren Gefäßen *Vasa vasorum* verlaufen.

Die glatten Gefäßmuskeln werden durch das sympathische Nervensystem innerviert, wobei sympathische Fasern vasokonstriktorisches und parasymphatische Fasern (nur im Penis → Erektion) vasodilatatorisch wirken. Das sympathische Nervengeflecht (Plexus nervorum perivascularis) besteht aus marklosen Nervenfasern in der Tunica externa und vermittelt über Noradrenalin Vasokonstriktion (an α -Rezeptoren) oder Vasodilatation (an β -Rezeptoren).

Bei der Arteriosklerose werden Lipid-Plaques in die Tunica intima eingelagert, die als Auslöser von Thrombosen dienen können.

Arterien

Gelbe **elastische Arterien** dienen als **Windkessel** der herznahen Gefäße, welcher den Auswurfwiderstand gegen den das Herz anpumpen muss mindert und einen kontinuierlicheren Blutfluss herstellt. Das Stratum subendotheliale und die elastischen Fasern der Tunica media sind stark ausgeprägt.

Die normalen **muskulären Arterien** besitzen eine Tunica media mit bis zu 40 Lagen Muskelzellen.

Den zahlreichen kleineren **Arteriolen** (Widerstandgefäße) fehlt das Stratum subendotheliale, sie sind über Glomusanastomosen (Knärlartig in Finger- und Zehenspitzen) und Brückenastomosen (Kurzschlussastomosen in Schwellkörpern und Nasenschleimhaut) z.T. direkt mit den Venolen verbunden, Gefäße ohne Anastomosen oder Kollateralen werden als **Endarterien** bezeichnet.

Kapillaren (Haargefäße) dienen dem Stoff- und Gasaustausch mit Gewebewänden denen sie aufliegen, die grösseren diskontinuierliche Kapillaren von Leber, Milz und Knochenmark werden **Sinusoide** genannt. Da in ihnen das Blut auf eine grosse Fläche verteilt wird sinken Druck und Fliessgeschwindigkeit (Beginn des **Niederdrucksystems**).

Auch wenn ihr Bau variabel ist, sind sie meist 3-schichtig aus Endothel, Basalmembran und Perizyten (Bindegewebszellen) aufgebaut und können nach der Endothelart in 3 Typen eingeteilt werden:

- Nicht fenestriertes Endothel, die Endothelzellen sind durch Tight- und Gap-junctions eng verbunden und verhindern einen Stoffaustausch (z.B. Blut-Hirn-Schranke).
- Fenestriertes Endothel, durch 60-80µm breite Lücken können Stoffe treten (Glomeruli, Leber, endokrine Drüsen, Plexus choroideus, Dunndarmmukosa).
- Diskontinuierliches Endothel, sowohl das Endothel als auch die Basalmembran sind gefenestert (Sinusoiden).

Venen

Die postkapillären **Venolen** sind den Kapillaren ähnlich. Da die **Venen** ein grösseres Blutvolumen (85%) bei geringerem Druck (10-15mmHg) als die Arterien befördern müssen sind sie grösser aber mit dünnerer Wand gebaut. Die *Membrana elastica interna* und *Tunica media* sind gering ausgeprägt oder fehlen, die *Tunica externa* ist hingegen stärker ausgeprägt.

Drosselvenen dienen der Blutstauung in Schwellkörpern.

Da der geringe Druck nicht ausreichen würde um das Blut zurückzupumpen sind die Venen mit **Klappen** (aus Endothelfalten) als Rückschlagventile ausgestattet und werden durch die umgebende Skelettmuskulatur unterstützt (**Muskelpumpe**).

Drüsen

Organe, welche in den Endstücken (Proteine: rER, Steroide: sER, KH: Golgi) Sekrete produzieren und an Oberflächen (**exokrine** Drüsen mit geringer Speicherung), in das Gefäßsystem (**endokrine** Hormondrüsen) oder an das umgebende Gewebe (**parakrin**) abgeben. Die Sekretion kann durch Reize reguliert werden oder ohne Zwischenspeicherung konstitutiv erfolgen.

Sekretarten

- **Mukös**: Schleimig durch Muzin (Ösophagusdrüsen: Gll. Linguales, Gll. palatinae) mit weitem Lumen und abgeplatteten basalen Zellkernen.
- **Serös**: Flüssig, Proteinreich (Gl. Parotis, Pankreas, Gl. lacrimalis), Drüse mit **Schaltstück** zwischen Endstück und Ausführgang.
- **Mukoserös**: Gemischtes Sekret (Gl. Submandibularis, Gl. Sublingualis), mit Ebner-Halbmonden.
- **Mukoid**: Dunflüssig (Gl. Submukosae, Brunner-Drüsen (Duodenum), Kardialdrüse, Pylorus).

Endstücktypen mherzelliger exokriner Drüsen

- **Tubulös**: Schlauchförmig unverzweigt (*Kolonkrypten, Corpus uteri*), verzweigt (*Cervix uteri, Pylorus, Duodenum*) oder gewunden (*Schweissdrüsen*).

- **Azinös** (Gl. Submandibularis, Gl. sublingualis) / **Alveolär** (Mamma, Prostata, Parotis) mit **Ausführgang**.

Zusammengesetzte Drüsen besitzen mehrere Endstücke aber nur einen Ausführgang, der aus **Schaltstück** (seröse Drüsen) → **Streifenstück** → **Ductus** aufgebaut ist.

Sekretabgabe exokriner Drüsenendstücke

- **Merokrin** (Ekkrin): Sekretabgabe ohne Zellverlust durch *Exozytose* (endokrine Drüsen, Speicheldrüsen, Pankreas, Geschlechtsdrüsen). Häufigste Form.
- **Apokrin**: Sekretabgabe mit apikalem Zellmaterial (Schweiss-, Brustdrüse).
- **Holokrin**: Umwandlung der gesamten Zelle in Sekret (Talgdrüsen).

Nervensystem

Vegetatives (autonomes) Nervensystem - Sympathikus und Parasympathikus

Das vegetative Nervensystem dient der unbewussten Steuerung von Organfunktionen, es besteht aus Anteilen von Hypothalamus, zentralen Bahnen und peripheren (viszero-afferenten) Nervenfasern. Als Neurotransmitter dienen Acetylcholin und Noradrenalin.

Der effente Anteil des vegetativen Nervensystems besteht aus 2 Systemen (Sympathikus und Parasympathikus) mit je 2 Neuronen.

Das Perikaryon des präganglionären Neurons (B-Fasern) liegt im ZNS, das des postganglionären multipolaren Neurons (C-Fasern) im vegetativen Ganglion und zieht mit dem Axon zum Erfolgsorgan. Die vegetativen Ganglien bilden als Gesamtheit den Grenzstrang (**Sympathikus**) beidseitig entlang der Wirbelsäule (C₈-L₃) und die intramuralen Ganglien von Organen (Darmwand-Peristaltik durch Plexus submucosus et myentericus) sowie vegetative Plexus.

Dem ergotropen (energiesteigernden) Sympathikus steht der **Parasympathikus** entgegen, der bis auf die fehlende Extremitätenversorgung das selbe Einzugsgebiet hat. Sein wichtigster Nerv ist der N. vagus (X).

Spinalnerven (Rami dorsales, Rami ventrales)

31 Nervenpaare, welche je ein Rückenmarkssegment verlassen. Aus der **Radix anterior** kommen die Axone motorischer Nerven, in die **Radix posterior** treten die Axone sensibler Nerven über das Ganglion spinale ein. Die beiden Wurzeln vereinigen sich noch im Wirbelkanal und verlassen diesen durch das Foramen intervertebrale und bilden danach die gemischten Rami anterior et posterior; die Rami ventrales C₁-C₄ bilden den Plexus cervicalis, die Rami ventrales aus C₅-T₁ bilden den Plexus brachialis. Einige Kernmuskeln werden auch direkt aus einem Segment innerviert:

Rami dorsales

- C₁: **N. suboccipitalis**; m: tiefe Nackenmuskulatur.
- C₂: **N. occipitalis major**, durch Nackenmuskulatur:
 - R. medialis: m: M. semispinalis capitis, M. longissimus capitis.
 - R. lateralis: s: Nacken, medialer Hinterkopf.
- C₃: **N. occipitalis tertius**; s: Nacken.

Rami ventrales

- C₁-C₄: **Plexus cervicalis**
Motorische Muskeläste:
 - **N. phrenicus**: Zwerchfellnerv (hauptsächlich aus C₄), Endast **R. phrenicoabdominalis** durch Foramen vanae cavae (R)/Hiatus oesophageus (L) → Plexus coeliacus. s: Perikard, Pleura mediastinalis/diaphragma, Peritoneum; m: Diaphragma.
 - **Rr. musculares**: m: M. longus capitis/colli, Mm. rectus capitis anterior/lateralis, Mm. scalenus anterior/medius/posterior, Mm. intertransversarii caervicales, M. levator scapulae.
 Sensible Hautäste zum **Punctum nervosum** (Erb-Punkt, oberhalb der Clavicula):
 - **N. occipitalis minor**: Obere Ohrmuschel, lateraler Hinterkopf.
 - **N. auricularis magnus**: Untere Ohrmuschel, hintere Wange.
 - **N. transversus colli**: Vorderer Hals, Anastomose mit N. facialis r. colli.
 - **Nn. supraclaviculares**: Obere Schulter und Brust.

Dermatome, Head-Zonen

Von einem Rückenmarkssegment innervierte Hautareale werden als **Dermatome** bezeichnet, Hautareale die bei Organerkrankungen Schmerzempfindungen aufweisen werden als **Head-Zonen**. Sie werden durch auf ein gemeinsames Neuron im Hinterhorn projizierende (**Konvergenz**) Bahnen aus Eingeweiden und Hautarealen gebildet, die nach der Kreuzung im Tr. Spinothalamicus verlaufen und Übertragungsschmerz verursachen (z.B. linker Arm bei Myokardinfarkt).

Truncus Sympathicus (Grenzstrang)

Verläuft im Halsbereich in tiefen Fascia prevertebralis, in ihm ziehen die präganglionären sympathischen Fasern aus C₈-T₄ nach kranial. Die Umschaltung prä→postganglionär erfolgt in:

- **Ganglion cervicale superius**: Auf Höhe C₂-C₄, Umschaltung aus postganglionäre Neurone des Kopfes und Halses.
 - N. jugularis → Ganglion inferius (N. glossopharyngeus), Ganglion superius (N. vagus).
 - N. caroticus internus → **Plexus caroticus internus** → Ganglion ciliare (parasympathisch), Ganglion pterygopalatinum (parasympathisch).

- Nn. carotici externi → **Plexus caroticus externus** → Ganglion submandibulare (parasympathisch), Ganglion oticum (parasympathisch).
 - N. cardiacus cervicalis superior → Plexus cardiacus.
 - **Ganglion cervicale medium**: Auf Höhe C₆, → Plexus cardiacus, Thyroidea, Parathyroidea.
 - **Ganglion cervicale inferius** → **Ganglion stellatum**: Umschaltung von Neuronen aus T₃-T₇: Kopf, Hals, obere Extremität, Herz.
 - N. cardiacus cervicalis inferior → Plexus cardiacus (Herz).
 - N. vertebralis → Plexus vertebralis.
 - **Ganglia thoracica**
 - Nn. cardiaci thoracici → Plexus cardiacus.
 - Rr. pulmonales → Plexus pulmonalis.
 - N. splanchnicus major (Grosser Eingeweidenerve) → N. splanchnicus minor → Ganglion coeliacum, Ganglion mesentericum superius.
 - Nn. splanchnici, efferent und afferent zum Magen-Darm-Kanal.
 - Ganglion lumbalis
 - Ganglion sacralis
 - Ganglion impar
- Ein Ausfall des Grenzstrangs führt zum **Horner-Syndrom** mit Miosis, Ptosis, Enophthalmus.

Parasympathikus

Präganglionäre parasympathische Fasern verlaufen den Hirnnerven N. oculomotorius, N. facialis, N. glossopharyngeus und N. vagus. Der vagus zieht in den Bauch (Plexus gastrici anterior/posterior, Plexus coeliacus)

- Ganglion ciliare: Umschaltung des N. oculomotorius → M. ciliaris, M. sphincter pupillae
- Ganglion pterygopalatinum: Umschaltung des N. facialis → Gl. lacrimalis, Mukosa.
- Ganglion submandibulare: Umschaltung des N. facialis → Gl. sublingualis, Gl. submandibularis.
- Ganglion oticum: Umschaltung des N. glossopharyngeus → Gl. parotis.

Hirnnerven

- I: **N. olfactorius** (Riechnerv; durch Lamina cribrosa), sensibel: Primäre Sinneszellen der Riechschleimhaut.
- II: **N. opticus** (Sehnerv; durch Canalis opticus), sensibel: Retina.
- III: **N. oculomotorius** (Augenbewegungsnerve, durch Fissura orbitalis superior), somatomotorisch: Äußere Augenmuskeln (Ncl. n. oculomotorii), viszeromotorisch: Innere Augenmuskeln (Ncl. accessorius n. oculomotorii / Eddinger-Westphal).
- IV: **N. trochlearis** (Augenbewegungsnerve, durch Fissura orbitalis superior). Einziger dorsal (unterhalb Vierhügelplatte) austretender Nerv. Somatomotorisch: M. obliquus superior (Ncl. n. trochlearis).
- V: **N. trigeminus**.
 - V1: N. ophthalmicus, durch Fissura orbitalis superior. Sensorische Innervation von Stirn und Oberlidern.
 - V2: N. maxillaris, durch Foramen rotundum; rein sensibel: Gesicht, Zunge (Ncl. principalis, Ncl. mesencephalicus n. trigemini)
 - V3: N. mandibularis, durch Foramen ovale viszeromotorisch zur Kaumuskulatur (Ncl. motorius n. trigemini)
- VI: **N. abducens** (Augenabduktionsnerve, aus Medulla oblongata durch Fissura orbitalis superior), somatomotorisch: M. rectus lateralis (Ncl. n. abducentis).
- VII: **N. facialis** (aus Kleinhirnbrückenwinkel durch Foramen stylomastoideum), viszeromotorisch: Mimische Muskulatur (Ncl. n. facialis), Speicheldrüsen (Ncl. salivatorius superior), sensibel: Geschmack (N. lingualis -> Ncll. tractus solitarii).
- VIII: **N. vestibulocochlearis** (Hör- und Gleichgewichtsnerv, durch Meatus acusticus internus), sensibel: Gehör (Ncll. cochlearis), Gleichgewicht (Ncll. vestibulares).
- IX: **N. glossopharyngeus** (Schluck- und Geschmacksnerve, durch Foramen jugulare), viszeromotorisch: Schlundmuskulatur (Ncl. ambiguus), Glandula parotis (Ncl. salivatorius inferior), sensibel: Geschmack (Ncll. tractus solitarii).
- X: **N. vagus** (Hauptteil des Parasympathikus, durch Foramen jugulare), viszeromotorisch: Kehlkopf (Ncl. ambiguus); Hals-, Brust- Bauchorgane (Ncl. dorsalis n. vagi), sensibel: Eingeweide (Ncll. tractus solitarii), Außenohr (Ncl. spinalis n. trigemini), Kehlkopf, Herz.
- XI: **N. accessorius** (aus dem Zervikalmark durch Foramen magnum und Foramen jugulare), somatomotorisch: M. sternocleidomastoideus, M. trapezius (Ncl. n. accessorii).
- XII: **N. hypoglossus** (aus Medulla oblongata durch Canalis hypoglossi), somatomotorisch: Zungenmuskulatur (Ncl. n. hypoglossi).

Obere Extremität (Membrum superius)

Aus Mesenchymkernen entwickeln sich am 24. Tag Arm- und am 26. Tag die Beinknospen, deren Längenwachstum durch eine Randleiste aus Oberflächenektoderm gesteuert wird. Ab der 5. Wochen wachsen die Spinalnerven ein und die

Differenzierung in Regionen (z.B. Hand, Unterarm...) beginnt, die Vorknorpel bilden sich ab der 6. Woche, Muskelvorläufer aus Dermomyotomen ab der 6. Woche.

In der 7. Woche beginnt die Verknöcherung des Skeletts durch **desmale Ossifikation** (aus Mesenchym) der Clavicula und Scapula und **chondrale Ossifikation** (aus hyalinem Knorpel) der restlichen Extremitätenknochen, wobei die Epi- und Diaphysen erst um das 20. Jahr verschmelzen. Die Verknöcherung des Darmbein beginnt erst ab dem 2. Monat, die der Handwurzelknochen erst nach der Geburt. Durch diese Reihenfolge der Ossifikationskerne kann das **Skelettalter** von Kindern im Röntgenbild bestimmt werden.

Knochen

- Schultergürtel (Cingulum membri superioris):
 - **Clavicula** (Schlüsselbein), über das Acromiargelenk mit der Scapula verbunden
 - **Scapula** (Schulterblatt) aus *Facies costalis* (Rippenseite) und *Facies posterior* (Hinterseite) die durch die in das *Acromion* auslaufende *Spina* in *Fossa supraspinata et infraspinata* unterteilt wird; als Ansatzpunkt für *M. pectoralis inor*, *M. biceps brachii* und *M. coracobrachialis* dient der *Processus coracoideus*.
- Oberarm (Brachium): **Humerus**, Röhrenknochen mit den vorspringenden *Tuberculum majus et minus* als Muskelansatzstellen; unter denen eine bruchgefährdete Einschnürung, das *Collum chirurgicum* verläuft. In der Rinne des *Sulcus nervi radialis* laufen *N. radialis* und *A./V. profunda brachii* von hinten oben nach vorn unten; im *Sulcus nervi ulnaris* („Musikantenknochen“) auf der Rückseite des *Epicondylus medialis* (Unterarmbeuger-Ursprung) verläuft der *N. ulnaris*.
- Unterarm (Antebrachium), verbunden durch *Membrana interossea* welche die Flexoren- und extensorenloge trennt und die Ansatzfläche vergrößert.
 - **Ulna**, auf der Kleinfingerseite liegende Hauptverbindung zum Humerus, durch *Discus* vom Handgelenk getrennt.
 - **Radius**, auf der Daumenseite liegende Hauptverbindung zum Handgelenk.
- Hand
 - **Handwurzelknochen** (*Os carpi*): *Os scaphoideum*, *Os trapezium*, *Os trapezoideum*, *Os capitatum*, *OS hamatum*, *Os triquetrum*, *Os lunatum* sowie das in eine Sehne eingelassene *Os pisiforme*. Sie bilden das proximale und distale Handgelenk und mit dem *Retinaculum musculi flexorum* den **Karpaltunnel** (Fingerflexoren, *N. medianus*).
 - **Os metacarpi** (Mittelhand)
 - **Os digitorum** (Phalanges proximales, mediae et digitales), x3 (beim Daumen x2).

Schultergelenk (Art. humeri)

Kugelgelenk mit 3 Freiheitsgraden und der grössten Beweglichkeit aller Gelenke. Die schlaffe Kapsel mit Reservefalten wird nur durch ein Band (*Lig. coracohumerale*: *Proc. Coracoideus* → *Tuberculum major/minor*) gehalten, was die Beweglichkeit aber auch das Luxationsrisiko erhöht. Die Sicherung des Gelenkes erfolgt durch die **Rotatorenmanschette** aus den Sehnen verschiedener Muskeln:

- Ventral: *M. subscapularis*.
- Dorsal: *M. supraspinatus*, *M. infraspinatus*, *M. teres minor*.

Der Humeruskopf ist 4x grösser als die Scapulapfanne und wird incl. *Labium* nur zu 1/3 umfassen. Eine Aduktion (seitliches Armheben) >90° ist nur durch Mitschwenken der Scapula möglich (Elevation).

Ellenbogengelenk (Art. cubiti)

Die 3 Knochen des Ellenbogengelenkes werden von einer gemeinsamen Kapsel umgeben, die durch 3 Bänder verstärkt wird (*Lig. collaterale ulnae/radiale*, *Lig. anulare radiale*), sie bilden 3 Geleknanteile, die eine Extension bis 75° (m) / 80° (f, k), einen Flexion bis 30° (gesamt ~ 150°), eine Supination um 90° und eine Pronation um 70° erlauben:

- Humeroulnargelenk (Humerus = Kopf, Ulna = Pfanne) für Flexion und Extension.
- Humeroradialgelenk, gehemmt (Ligamente, *Membrana interossea/Chorda obliqua*) **Kugelgelenk** das nur eine Scharnierbewegung ermöglicht.
- Radioulnargelenk, vom *Lig. anulare radii* der Ulna umgebenes **Radgelenk** zur Pronation / Supination.

Insgesamt ergibt sich ein funktionelles Drehscharniergelenk.

Flexoren (→ *N. musculocutaneus*): *M. biceps brachii*, *M. brachialis*, *M. brachioradialis*, *M. pronator teres*, *M. extensor carpi radialis longus*.

Extensoren (→ *N. radialis*): *M. triceps brachii*, *M. anconeus*.

Supinatoren: *M. biceps brachii* (insb. in 90°), *M. supinator*, *M. brachioradialis* (aus Pronation).

Pronatoren: *M. pronator teres*, *M. pronator quadratus*, *M. flexor carpi radialis*, *M. brachioradialis* (aus Supination).

Handgelenk (Art. manus)

Proximales und distales Handgelenk bilden eine Einheit, die ein funktionelles Kugelgelenk ergibt:

- Proximales Handgelenk (Art. radiocarpalis): Eigenknochen aus *Os scaphoideum*, *Os lunatum* und *Os triquetrum*.
- Distales Handgelenk (Art. mediocarpalis): S-förmiges Scharniergelenk aus *Os. trapezium*, *trapezoideum*, *Os capitatum* und *Os hamatum*.

Dorsalflexoren: M. extensor carpi radialis longus et brevis, M. extensor carpi ulnaris, M. extensor digitorum.

Palmarflexoren: M. flexor digitorum superficialis et profundus, M. flexor carpi radialis et ulnaris, M. flexor pollicis longus, M. palmaris longus.

Ulnarabduktoren: M. flexor/extensor carpi ulnaris

Radialabduktoren: M. extensor carpi radialis longus et brevis, M. extensor pollicis longus, M. flexor carpi radialis.

Die Flexoren entfalten in Dorsalflexion ihre volle Kraft (Faustschluss), in Palmarflexion kommt es durch mangelnde Kontraktionsmöglichkeit zu **aktiver Insuffizienz**.

Fingergelenke (Art. carpometacarpalis)

- Grundgelenk (MIP), eingeschränktes Kugelgelenk (Flexion, Extension, Abduktion, Adduktion).
- Mittelgelenk (PIP), Scharniergelenk, nicht beim Daumen.
- Endgelenk (PIP), Scharniergelenk.

Die maximale Spreizung wird in Extension erreicht, da in Flexion die Lig. collateralia (Fingerseitenbänder) hemmen.

Schultergürtel

Wird von den ventralen Bauch- und oberflächlichen Rückenmuskeln (und den Nackenmuskeln) gebildet, die vom Kopf/Rumpf zu Clavicula/Scapula ziehen.

Ventrale Bauchmuskeln (pectus = Brust)

- **M. pectoralis major** (Plexus brachialis, *pars infraclavicularis* → Nn pectorales mediale/laterale).
 - Pars clavicularis: Mediale clavicula → Humerus (Crista tuberculi majoris); Schultergürtelheber.
 - Pars sternocostalis: Sternum, Costa 2-5 → Humerus (Crista tuberculi majoris); Schultergürtelvorzieher.
 - Pars abdominalis: Rektusscheide Humerus (Crista tuberculi majoris); Schultergürtelsenker.
 Verläuft in der vorderen Achselfalte und ist fest mit der Brustfaszie verwachsen.
- **M. pectoralis minor** (Plexus brachialis, *pars infraclavicularis* → Nn pectorales mediale/laterale).
Costa 3-5 → Proc. coracoideus (Scapula); Schultergürtelsenker, Atemhilfsmuskel.
- **M. subclavius** (Plexus brachialis, *pars supraclavicularis* → N. subclavius).
Costa 1 → Clavicula; Fixierung des sternoclaviculargelenkes.
- **M. serratus anterior** (Plexus brachialis, *pars supraclavicularis* → N. thoracicus longus).
 - Pars superior: Costa 1-2 → Angulus superior (Scapula); Scapulaheber.
 - Pars intermedia: Costa 2-3 → Margo medialis (Scapula); Scapulavorzieher.
 - Pars inferior: Costa 4-5 → Angulus inferior (Scapula); Scapuladreher.
 Bildet die mediale Achselhöhlenwand, Atemhilfsmuskel.

Oberflächliche Rückenmuskeln

- **M. latissimus dorsi** (Plexus brachialis, *pars supraclavicularis* → N. thoracodaorsalis), latissimus = breit.
 - Pars scapularis: Angulus inferior (Scapula) → Crista tuberculi minoris (Humerus).
 - Pars vertebralis: Processus spinosi → Crista tuberculi minoris (Humerus).
 - Pars costalis: Costa 10-12 → Crista tuberculi minoris (Humerus).
 - Pars iliocalis: Crista iliaca → Crista tuberculi minoris (Humerus).
 Schultergürtelsenker mit funktioneller Verbindung zum M. teres major; Adduktion, Retroversion, Hustenmuskel.
- **M. rhomboideus major et minor** (Plexus brachialis, *pars supraclavicularis* → N. dorsalis scapulae).
Processus spinosi (Major: 1-4, Minor: 6-7) → Margo medialis (Scapula).
Scapulaheber und -fixierer.
- **M. levator scapulae** (Plexus brachialis, *pars supraclavicularis* → N. dorsalis scapulae).
Processus transversi 1-4 → Angulus superior/Margo medialis (Scapula).
Scapulaheber, verläuft mit *N. accessorius*.

Nackenmuskeln

- **M. trapezius** (Plexus cervicalis → N. accessorius).
 - Pars descendens: Processus spinosi (Lig. nuchae) → laterale Clavicula; Schulterheber.
 - Pars transversa: Processus spinosi (Lig. nuchae) → Acromion; Schulterrückzieher (Adduktion).
 - Pars ascendens: Processus spinosi (Lig. nuchae) → Spina scapulae; Schultersenker.
 Oberster Nackenmuskel, Kopfwender bei Halbseitenkontraktion.
- **M. sternocleidomastoideus** (Plexus cervicalis → N. accessorius).
Clavicula/Sternum → Proc. mastoideus, Kopffixierung und Drehung zur Gegenseite.

Schultermuskulatur

Innervation durch Äste des Plexus brachialis, *pars infraclavicularis*, bilden z.T die Rotatorenmanschette.

Dorsale Muskeln

- **M. infraspinatus** (→ N. suprascapularis).
Fossa/fascia infraspinatus → Tuberculum majus, Kapsel; Aussenrotator.
- **M. teres major** (→ N. thoracodorsalis), teres = glattrund.
Margo lateralis (Scapula) → Crista tuberculi minoris; Innenrotator, verbunden mit M. latissimus dorsi.
- **M. teres minor** (→ N. axillaris).
Margo lateralis (Scapula) → Tuberculum majus; schwacher Aussenrotator.

Ventrale Muskeln

- **M. supraspinatus** (→ N. subscapularis).
Fossa subscapularis → Tuberculum minus, Kapsel; stärkster Innenrotator.
- **M. deltoideus** (→ N. axillaris).
 - Pars clavicularis: Clavicula → Tuberositas deltoideum (Humerus); Innenrotation.
 - Pars acromialis: Acromion → Tuberositas deltoideum (Humerus); Adduktion (Hauptfunktion).
 - Pars spinalis: Spina scapulae → Tuberositas deltoideum (Humerus); Retroversion, Aussenrotation.

Oberarmmuskulatur (brachium = Arm)

Durch das Septum intermusculare unterteilt in ventrale **Flexoren** (→ N. musculocutaneus) und dorsale **Extensoren** (→ N. radialis); der Flexorenquerschnitt ist 60% grösser als der Extensorenquerschnitt.

Ventrale Flexoren (Plexus brachialis, pars infraclavicularis → N. musculocutaneus)

- **M. coracobrachialis**
Proc. coracoideum → Medialer humerus; Fixierung der Caput humeri, **Adduktion** (Bewegung zur Mitte).
Wird von N. musculocutaneus durchbrochen!
- **M. biceps brachii**
 - Caput longum: Tuberculum supraglenoidale (Scapula) → Tuberositas radii; Abduktion.
 - Caput breve: Proc. coracoideus (Scapula) → Tuberositas radii; Adduktion.
 Stärkster **Supinator** (insb. in Flexion).
- **M. brachialis**
Humerus (facies anterior) → Tuberositas ulnae, stärkster **Flexor**.

Dorsale Extensoren (Plexus brachialis, pars infraclavicularis → N. radialis)

- **M. triceps brachii**
 - Caput longum: Tuberculum infraglenoidale (Scapula) → Olecranon (Ulna).
 - Caput laterale: Humerus → Olecranon (Ulna).
 - Caput mediale: Humerus → Olecranon (Ulna).
 Starker Ellenbogenextensor, das zweigelenkige Caput longum dient auch der Adduktion (Bewegung von der Mitte weg).
- **M. anconeus**
Epicondylus laterale humeri, Kapsel → Olecranon (Ulna); Gelenkkapselspanner.

Unterarmmuskulatur (Antebrachium)

Von Fascia antebrachii umhüllt und an der Handwurzel durch Ringfasern (Retinaculum flexorum/extensorem) verstärkt, wodurch der **Karpaltunnel** gebildet wird.

Flexoren und Extensoren verlaufen durch die Ulna getrennt in einer gemeinsamen Loge und entfalten ihre Wirkung am **Handgelenk**.

Extensoren (Plexus brachialis, pars infraclavicularis → N. radialis)

- **M. brachioradialis**
Margo lateralis (distaler Humerus) → An Proc. styloideus radii; Ellenbogen**flexor**!!! (genetische Herkunft).
Funktioneller Flexor, auch Pronation/Supination; Leitmuskel von **A. radialis**, **N. radialis** r. superficialis.
- **M. extensor carpi radialis longus**
Margo lateralis (distaler Humerus) → Os metacarpi II; Handgelenk**extensor**, Ellenbogen**flexor**.
Verläuft mit M. extensor carpi radialis brevis durch **2. Sehnenfach**.
- **M. extensor carpi radialis brevis** (R. profundus)
Epicondylus laterale (lateraler Humerus) → Os metacarpi III, Handgelenkextensor.

Flexoren (Plexus brachialis, pars infraclavicularis → N. medianus, N. ulnaris)

Oberflächlich (von Epicondylus medialis humeri)

- **M. pronator teres** (→ N. medianus)
Caput humerale/ulnae → mittlerer Radius; Ellenbogenflexor und Pronator.
- **M. flexor carpi radialis** (→ N. medianus)
Epicondylus medialis humeri → Os metacarpi II; Ellenbogenflexor, Handgelenkabduktor.
Leitmuskel von **A. radialis**.

- **M. palmaris longus** (→ N. medianus), kann fehlen!
Epicondylus medialis humeri → Palmaraponeurose, Handgelenksflexion, Faustschluss.
- **M. flexor carpi ulnaris** (→ N. ulnaris)
 - Caput humerale: Epicondylus medialis humeri → Os pisiforme, Os hamatum.
 - Caput ulnare: Olecranon → Os pisiforme, Os hamatum.
 Ulnarabduktion der Hand.

Mittelschicht

- **M. flexor digitorum superficialis** (→ N. medianus)
 - Caput humeroulnare: Epicondylus medialis humeri → 4 Sehnen zu Phalanges II-IV.
 - Caput radiale: Maro anterior radialis → 4 Sehnen zu Phalanges II-IV.
 Die 4 Sehnen verlaufen zusammen mit dem profundus in gemeinsamer Scheide durch den Karpaltunnel und dienen der Flexion in Handgelenk, MIP, PIP.

Tiefe Schicht

- **M. flexor digitorum profundus** (→ N. medianus et ulnaris)
Membrana interossea, anteriore Ulna → Endphalanges II-V; 4 Sehnen.
Ursprung der **Mm. lumbricales**.
- **M. flexor pollicis longus** (→ N. medianus)
Membrana interossea, Radius → Daumenendphalanx; MIP/DIP-Flexor des Daumens.
- **M. pronator quadratus** (→ N. medianus)
Margo anterior ulnae → Margo anterior radii; Unterarm-Pronation.

Sehnenfächer unter Retinaculum extensorum:

1. M. Abductor pollicis longus, M. extensor pollicis brevis.
2. M. extensor carpi radialis longus et brevis.
3. M. extensor pollicis longus.
4. M. extensor digitorum, M. extensor indicis.
5. M. extensor digiti minimi.
6. M. extensor carpi ulnaris.

Sehnenfächer im Karpaltunnel enthalten die je 4 Sehnen von M. flexor digitorum superficialis/profundus und M. flexor pollicis longus; die Sehne von M. flexor carpi ulnaris verläuft ausserhalb!

Handmuskeln

Die Unterarmmuskeln dienen der Kraftbeugung, die Handmuskeln der Feinbewegung. Sie werden in verschiedenen Gruppen eingeteilt: Handhandmuskeln, Thenarmuskeln (Daumenballen) und Hypothenarmuskeln (Kleinfingerballen).

Plexus brachialis

Armnervenplexus aus C₅-T₂, innerviert mit seinen Ästen sensibel (Haut) und motorisch die obere Extremität. Nach dem Austritt aus den *Foramina intervertebralia* ziehen die Nervenwurzeln mit der *A. subclavia* durch die Skalenuslücke (zwischen M. scalenus anterior/medius) und schliessen sich oberhalb der Cavicula zu den 3 Primärsträngen zusammen:

- Truncus superior aus C₅ + C₆.
- Truncus medius aus C₇.
- Truncus inferior aus C₈-T₁.

Noch oberhalb der Clavicula teilen sich die Trunci in die vorderen **Divisiones anteriores** (→ Flexoren) und hinteren **Divisiones posteriores** (→ Extensoren) auf.

Hinter dem *M. pectoralis minor* verbinden sie sich zu den Sekundärsträngen um die *A. axillaris*:

- Fasciculus posterior aus dorsalen Ästen.
- Fasciculus lateralis aus den ventralen Ästen von Truncus superior/medius.
- Fasciculus medialis aus den ventralen Ästen des Truncus inferior.

Sie laufen zwischen Clavicula und Costa I durch die Achselhöhle zum Arm und geben ihre Äste oberhalb (**Pars supraclavicularis**) und unterhalb (**Pars infraclavicularis**) ab.

Äste des *Pars infraclavicularis* (7 Schulter- und Armnerven, N. medianus, N. ulnaris, N. radiales für das Greifen (Hand))

- **N. musculocutaneus** (C₅-C₇) $\xrightarrow{\text{durch M. coracobrachialis}}$ Oberarmflexoren (M. coracobrachialis, M. biceps brachii, M. brachialis).
 - N. cutaneus antebrachii lateralis, s: radialer Unterarm.
- **N. medianus** (C₆-T₁), aus 2 Wurzeln (**Medianuszinken** aus Fasciculus medialis/lateralis), die sich anterior in der **Medianusgabel** vereinen und mit A. brachialis in der medialen Bizepsfurche verlaufen. Keine Oberarmäste!
Durch Kompression im Karpaltunnel kann es zur Hemmung von Pronation und Flexion mit Ausfall der Daumenabduktoren (**Schwurhand**) kommen.
 - Unterarmäste:
 - Rr. articulares, s: Ellenbogen.

- N. interisseeus antebrachii anterior, m: M. pronator quadratus, M. flexor pollicis longus, M. flexor digitorum profundus.
- R. palmaris, s: Daumenballen, Hohlhand.

- Handäste:

- R. communicans, verbindet N. medianus mit R. superficialis ulnaris.
- Nn. digitales palmares communes I-II, s: Daumenballen.
- Nn. digitales palmares proprii, s: radiale Finger.
- **N. ulnaris** (C₆-T₁) → Kleinfingerballen, Daumenballen (ex. N. medianus). Tastbar zwischen Epicondylus medialis und Olecranon (**Musikantenknochen**), verlauf im Unterarm mit A. ulnaris über den Karpaltunnel hinweg in die Hohlhand. Keine Oberarmäste!

Eine Schädigung führt zur **Krallenhand** mit übersrecktem MIP und flexierten PIP und DIP (durch Antagonisten).

m: M. flexor carpi ulnaris, M. flexor digitorum profundus.

- Unterarmäste

- R. cutaneus palmaris, s: Hohlhand.
- R. dorsalis → Nn. digitales dorsales (Handrücken), s: Klein-, Mittelfinger MIP und PIP.

- Handäste

- R. profundus, m: Kleinfingerballen, Mm. interosseus palmares/dorsales, Mm. lumbricales III, IV, Daumenballen; Verlauf mit Arcus palmaris profundus in der Hohlhand.
- R. superficialis, m: M. palmaris brevis.
- Nn. digitales palmares proprii, s: Kleinfinger, Ringfinger.
- **N. cutaneus brachii medialis** (C₈-T₂), s: medialer Oberarm.
- **N. cutaneus antebrachii medialis** (C₈-T₁)
 - R. anterior, s: anteriorer Unterarm.
 - R. ulnaris, s: ulnarer Unterarm.
- **N. axillaris** (C₅-C₇), m: M. deltoideus, M. teres minor; Verlauf mit A. circumflexa humeri posterior.
 - N. cutaneus brachii lateralis superior, s: lateral-dorsaler Oberarm.
- N. radialis (C₅-T₁), Ober- und Unterarmextensoren. Bei einer Humerusfraktur kann es zur Radialisparese mit extremer Handflexion (**Fallhand**), keinen Daumenabduktion, kein Faustschluss.

- Oberarmäste

- N. cutaneus brachii posterior, s: dorsaler Oberarm.
- N. cutaneus brachii lateralis inferior, s: lateraler Oberarm.
- Rr. musculares, m: M. triceps brachii, M. anconeus; im Unterarm M. brachioradialis, M. extensor carpi radialis longus.

- Unterarmäste

- N. cutaneus antebrachii posterior, s: radialer Unterarm.
- **R. profundus**, m: M. supinator, M. extensor carpi radialis brevis, M. extensor digitorum, M. extensor digiti minimi, M. extensor carpi ulnaris, M. abductor pollicis longus, M. extensor indicis.
 - N. interosseus posterior, s: Handgelenk.
- R. superficialis → N. digitales dorsales, s: radialer Handrücken und Finger.

Ventrale Äste des *Pars supraclavicularis*

- N. subclavius (C₄-C₆) → M. subclavius.
- Nn. pectorales medialis et lateralis (C₅-T₁) → M. pectoralis major/minor, M. sternalis.

Dorsale und laterale Äste des *Pars supraclavicularis*

- N. dorsalis scapulae $\xrightarrow{\text{M. scalenus medius}}$ M. levator scapulae, M. rhomboideus major/minor.
- N. thoracicus longus $\xrightarrow{\text{M. scalenus medius}}$ M. serratus anterior.
- N. thoracodorsalis → M. latissimus dorsi, M. teres major (Retroversion).
- N. suprascapularis $\xrightarrow{\text{Incisura scapulae}}$ M. supra-/infraspinatus (Aussenrotatoren).

Armarterien

Aorta → (L: Truncus brachicephalicus) → A. subclavia → A. axillares:

- A. thoracoacromialis, oberhalb M. pectoralis minor → Fossa intraclavicularis: Mm. pectorales, M. deltoideus.
- A. thoracica lateralis (mit N. thoracicus longus): M. serratus anterior → Rr. mammarii zur Brustdrüse.
- A. subscapularis, unterhalb M. pectoralis minor
 - A. thoracodorsalis, mit N. thoracodorsalis zwischen M. latissimus dorsi und M. serratus anterior.
 - A. circumflexa scapulae durch mediale Achsellücke zu Fossa infraspinata, Anastomose mit A. suprascapularis.
- A. brachialis
 - A. ulnaris → Arcus palmaris superficialis → Aa. digitales palmares.
 - A. interossea communis → A. radialis (Puls!) → Arcus palmaris profundus.
 - A. profunda brachii, unter M. teres major mit N. radialis.

Armvenen

Oberflächliche Venen

- V. cephalica (radial).
- V. basilica → Vv. brachiales (ulnar)
- V. mediana cubiti, Anastomose von V. cephalica/V. basilica in der Ellenbeuge (Punktionsstelle). Alternativ kann die V-förmige V. mediana antebrachii vorkommen.

Tiefe Begleitvenen (Vv. comitantes), verlaufen paarig mit der gleichnamigen Arterie und vereinen sich mit Vv. brachiales zur V. axillaris.

Lymphknoten und –Gefäße

Die oberflächlichen Lymphgefäße in der Subkutis begleiten die V. cephalica/V. basilica bis zur Ellenbeuge, wo Lymphknoten (Nll. cubitales supratrochleares) eingeschaltet sind. In der Achselhöhle sind weitere 20-40 Nll. axillares (Plexus lymphaticus axillaris) eingeschaltet, die bei Mammakarzinom leicht von Metastasen befallen werden. Die tiefen Lymphgefäße verlaufen mit den tiefen Gefäßen.

Die Lymphgefäße münden rechts in den Ductus lymphaticus dexter und links in die V. jugularis interna.

Untere Extremität

Die Grenze Rumpf/untere Extremität verläuft mit der Crista iliaca/Leistenband (Lig. inguinale), sie sind über den Beckengürtel verbunden.

Knochen

Os coxae (Hüftbein aus Os ilium, Os ischii, Os pubis), über Os ileum (Darmbein) mit Os Sacrum (Kreuzbein) als Amphiarthrose starr verbunden. Die Knochen des Os coxae sind am **Acetabulum** miteinander verbunden, das die Hüftgelenkpfanne bildet. Von Os ischii und Os pubis das von der Membrana obturatoria verschlossene **Foramen obturatorum** gebildet.

Wichtige Verbindungsstellen des Os ilium sind Spina iliaca anterior superior (M. sartorius, M. tensor fasciae latae und Lig. inguinale), Spina iliaca anterior inferior (M. rectus femoralis, Lig. iliofemorale) und Spina iliaca posterior superior/inferior. Im Os ischii wird die Incisura ischiadica major durch das Lig. sacrospinale zum Foramen ischiadicum majus das wiederum durch den M. piriformis in Foramen supra und infrapiriforme geteilt wird. Die Incisura ischiadica minor wird durch Lig. sacrotuberale/sacrospinale zum Foramen sciaticum minus.

Das **Femur** (Oberschenkelknochen) ist der längste Röhrenknochen des Körpers das in der Wachstumsphase durch die A. obturatoria, R. acetabularis im an der Fovea capitalis befestigten Lig. capitis femoris versorgt wird, später v.a. durch Äste der A. profunda femoris → **Aa. circumflexae femoris**. Der Winkel zwischen Collum und Diaphyse wird **Kollodiaphysenwinkel** (CCD, normal 120°-140°) genannt und dient der Abschätzung der Belastung, er wird im Alter ab.

Die dreieckige **Patella** (Kniescheibe) liegt als grösstes Sesambein in der Sehne des M. quadriceps.

Die **Tibia** (Schienbein) ist über den Malleolus medialis (Innenknöchel) mit dem Malleolus lateralis (Aussenknöchel der **Fibula** (Wadenbein) in der **Malleolengabel** durch die Lig. tibiofibulare anterior/posterior verbunden zwischen der der Talus (Sprungbein) der Fusswurzel liegt. Die dünne Fibula hat keine tragende Funktion und dient als Muskelansatz.

Die Ossa tarsi (Fusswurzelknochen) sind Talus (Sprungbein, die Trochlea dient als Kof des OSG, der Corpus als Pfanne für das USG), der nach vorne mit dem Os naviculare (Kahnbein) und nach unten mit dem Calcaneus (Fersenbein) verbunden ist. Das Os naviculare ist mit den 3 Ossa cuneiformis (Keilbein → Fussgewölbe).

Hüftgelenk (Art. coxae)

Nussgelenk (Sonderform des Kugelgelenks) zwischen Acetabulum (Fossa acetabuli ohne Knorpel umgeben von der knorpeligen **Facies lunata**) und Caput femoris, das nur mit der Facies lunata artikuliert. Durch das **Labrum acetabulare** wird das Caput femoris zu 2/3 umschlossen und stabilisiert.

Die dem Acetabulum entspringende Gelenkkapsel wird durch die **Lig. iliofemorale, Lig. ischiofemorale, Lig. pubofemorale** und **Zona orbicularis** stabilisiert, welche eine Bänderschraube bilden, die ein Überstrecken verhindert und alle Bewegungen ausser der Flexion (→ Anteversion) hemmt. Ausserdem wird die Kapsel durch darüberlaufende Muskeln stabilisiert.

Die Bewegungsmöglichkeiten umfassen Extension bis 15° (Retroversion, Extension), Adduktion bis 10°/Abduktion bis 40° und Pronation bis 35°/Supination bis 15°. Die Flexion ist mit gebeutem Knie zu 120° möglich, mit gestrecktem Knie bis 80°, da die Ischiocruralmuskulatur insuffizient wird.

Knien Gelenk (Art. genus)

Kondylengelenk mit 2FG, grösstes Gelenk des Körper aus **Femoropatellargelenk** (Femur → Patella) und **Femoroorbitalgelenk** (Femur → Tibia), die in einer gemeinsamen Gelenkhöhle (mit Corpus adiposum) liegen. Die Ligg.

cruciata (Kreuzbänder) liegen wie Epicondylus lateralis/medialis ausserhalb der Gelenkhöhle. Die Fibula ist nicht am Kniegelenk beteiligt.

In Femoroorbitalgelenk berühren sich die Knochen nur punktförmig (keine knöcherne Führung) und vollziehen eine Roll-Gleit-Bewegung. Die flächige Verbindung zur Führung und Druckverteilung wird durch die von Bindegewebe überzogenen keilförmigen Knorpelscheiben **Meniscus medialis** (mit Kapsel und Lig. collaterale tibialae verwachsen) und **Meniscus lateralis** (durch nur punktförmige Fixierung weniger belastet) ermöglicht, sie sind durch das Lig. transversum genus miteinander und durch weitere Fasern mit der Tibia verbunden.

Eine **Extension** ist bis 0° (durchgestrecktes Bein), eine **Flexion** bis 130° (passiv bis 160°) möglich, eine **Supination** ist bis 40°, eine **Pronation** bis 10° möglich. Eine Pro-/Supination ist nur in Flexion möglich (entspannte Lig. collateralia)!

Innenbänder, hemmen die Innenrotation

- Lig. cruciatum anterius (vorderes Kreuzband): Condylus lateralis → Area intercondylaris, Sicherung in Flexion.
- Lig. cruciatum posterius (hinteres Kreuzband): Condylus medialis → Area intercondylaris, Sicherung in Flexion.

Aussenbänder

- Lig. patellae: Patella → Tuberositas, Sehnenfortsatz des M. quadriceps (mit eingelagerter Patella).
- Lig. collaterale fibulare: Epicondylus lateralis → Caput, Sicherung in Extension, **hemmt die Aussenrotation**. Nicht mit der Gelenkkapsel verwachsen
- Lig. collaterale tibiale: Epicondylus medialis → Condylus medialis, Sicherung in Extension, **hemmt die Aussenrotation**.
- Lig. popliteum obliquum: M. semimembranosus → Caput, Stabilisierung der hinteren Gelenkkapsel.
- Lig. popliteum arcuatum: M. semimembranosus → Caput, Stabilisierung der hinteren Gelenkkapsel.
- Retinaculum patellae: M. quadriceps → Tuberositas, Stabilisierung der vorderen Gelenkkapsel.

Fussgelenke (OSG und USG)

Das OSG (oberes Sprunggelenk) liegt oberhalb, das USG (unteres Sprunggelenk) unterhalb des Talus.

OSG (Art. talocrucialis)

Scharniergelenk (1FG) mit Pfanne in der Malleolusgabel und 3-flächigem Kopf (**Trochlea tali**), die Malleolen liegen ausserhalb der dünnen Gelenkkapsel. Die Kapsel wird seitlich durch das 4-teilige **Lig. deltoideum** (Lig. mediale) vom Malleolus lateralis zu Talus, calcaneus und Os. naviculare an einer fibularen Abduktion gehindert, ausserdem zieht weitere Bänder von Malleolus lateralis zu den Wurzelknochen (Lig. talofibulare anterius/anterius/posterius und Lig. calcanaeofibulare), sie werden oft bei Sportverletzungen beschädigt (Bänderriss).

Es ermöglicht:

- Dorsalflexion = **Fusshebung** (bis 20°): M. tibialis anterior, M. extensor hallucis/digitorum longus.
- Plantarflexion = **Fussenkung** (bis 30°): M. soleus, M. gastrocnemicus, M. tibialis posterior, M. flexor hallucis/digitorum longus.

USG (Art. talocalcaneonavicularis, Art. subtalaris)

Durch das Lig. talocalcaneum interosseum zweigeteiltes Gelenk mit anatomisch getrennten Höhlen. Den Kopf des vorderen USG bildet der Talus, die Pfanne wird von Calcaneus, Os naviculare und dem überknorpelten **Lig. calcaneonaviculare plantare** gebildet. Das hintere USG wird von Talus und Calcaneus gebildet.

Es ermöglicht (vgl. mit Hand = Gegensätzlich!):

- Supination = **Medialhebung** (50°): M. soleus, M. gastrocnemicus, M. tibialis posterior, M. flexor hallucis/digitorum longus (wie Plantarflexion!).
- Pronation = **Lateralhebung** (30°): M. peroneus longus, brevis, tertius, M. extensor digitorum longus, M. tibialis anterior.

Längsgewölbe

- Unterschenkelmuskeln: M. flexor hallucis/digitorum longus, M. tibialis anterior/posterior.
- Fussmuskeln: M. flexor digitorum brevis, M. quadratus plantae, M. abductor hallucis, M. flexor hallucis brevis, M. abductor/opponens digiti minimi.
- Bänder: Lig. calcaneonaviculare, Lig. calcaneocuboidum, Lig. plantare longum, Lig. trasi plantaria, Plantaraponeurose.

Quergewölbe

- Unterschenkelmuskeln: M. peroneus longus, M. tibialis posterior.
- Fussmuskeln: M. adductor hallucis.
- Bänder: Lig. metatarsale transversum

Hüftmuskulatur

Innere Hüftmuskeln

M. psoas major und M. iliacus vereinigen sich oberhalb des Lig. inguinale zum **M. iliopsoas**. Ein M. psoas minor (Rumpfvorbeuger) kommt nur bei weniger als der Hälfte der Menschen vor!

- **M. iliacus** (→ Plexus lumbalis): Fossa/spina iliaca → Trochanter minor, Hüftgelenkflexor, Beinvorzieher.
- **M. psoas major** (-Plexus lumbalis, N. femoralis): T₁₂-L₄ → Trochanter minor, stärkster Hüftflexor, Beinvorzieher.

Äussere hintere Hüftmuskeln

- **M. gluteus maximus** (→ N. gluteus inferior): Os ilium/sacrum/coccygis, Fascia thoracolumbalis, Lig. sacrotuberlae → Tractus iliotibialis, Tuberositas glutealis (Femur); stärkster Hüftextensor (Aufstehen, Treppensteigen), Rotator.
- **M. gluteus medius** (→ N. gluteus superior): Os ilium → Trochanter major; Oberschenkelabduktor. Lähmung führt zu Tredlebburgzeichen, beidseitig zum Watschelgang.
- **M. tensor fasciae latae** (→ N. gluteus superior): Spina iliaca (anterior superior) → Condylus lateralis, Fascia lata (Tibia); Abduktor, Pronator, Flexor ("Sprintermuskel"). Abspaltung des M. gluteus medius.

Äussere tiefe Hüftmuskeln

- **M. gluteus minimus** (→ N. gluteus superior): Os ilium → Trochanter major, wie medius.
- **M. piriformis** (→ Plexus sacralis): Vorderes Os sacrum → Trochanter major; Abduktion, Supination, teilt Foramen sciaticum majus.
- **M. obturatorius internus** (Plexus sacralis → N. musculi obturatorii interni): Membrana obturatoria (innen), Foramen obturatum → Fossa trochanterica; Supinator.
- **M. obturatorius externus** (→ N. obturatorius): Membrana obturatoria (ausser), Foramen obturatum → Fossa trochanterica; Supinator.
- **Mm. gemelli superior/inferior** (→ Plexus sacralis): Spina/Tuber ischiadicum → Fossa trochanterica; Supinatoren.
- **M. quadratus femoris** (Plexus sacralis → N. musculi quadrati femoris): Tuber ischiadicum → Crista intertrochanterica; starker Supinator und Adduktor.

Oberschenkelmuskulatur

Die Oberschenkelmuskeln werden von der **Fascia lata** (Körperfaszie) umhüllt, die durch den **Tractus iliotibialis** (Fasern von M. tensor fasciae latae, M. gluteus maximus/medius) verstärkt wird. Der Tractus iliotibialis zieht von der Crista iliaca → Condylus lateralis (Tibia) und bildet einen Zuggurt für den Femur und baut dadurch die Auswärtsbiegung ab.

Oberschenkelextensoren (Vorderseite), → N. femoralis

- **M. sartorius**: Spina iliaca anterior superior → mediale Tibia; Zweigelenkig, Hüftflexor, Kniepronator. Längster Muskel des Menschen.
- **M. quadriceps femoris**: 4 Köpfe → Quadricepsehne (Patella).
 - M. rectus femoris: Von spina iliaca anterior inferior; Hüftflexor, Knieextensor.
 - M. vastus intermedius: Von vorderem Femur; Knieextensor. Grösster Kopf.
 - M. articularis genu: Kapselspanner.
 - M. vastus medialis: Von Trochanter major; Knieextensor.
 - M. vastus lateralis: Von vorderem Femur; Knieextensor.

Oberschenkeladduktoren (medial), → N. obturatorius

- **M. pectineus**: Pecten ossis pubis → Linea pectinea (Femur); Hüftadduktor, Oberschenkel-supinator.
- **M. adductor longus**: Os pubis → mittlerer Femur.
- **M. gracilis**: Symphyse, Os pubis → mittlere Tibia, einziger zweigelenkiger Hüftadduktor/Kniepronator. Breite Sehne.
- **M. adductor brevis**: Os pubis (Ramus inferior) → Linea aspera (hinterer Femur).
- **M. adductor magnus**: Tuber ischiadicum, Ramus ossis ischii → Linea aspera; stärkster Adduktor, Hüftextensor.
 - **M. adductor minimus**: Tuber ischiadicum, Ramus ossis ischii → Linea aspera.

Oberschenkelflexoren (Ischiokrurale Muskulatur auf der Rückseite), Knieflexoren – Hüftextensoren

- **M. biceps femoris**: Einziger Kniesupinator, Leitmuskel für N. fibularis communis. Caput longum (→ N. tibialis / N. ischiadicus): Tuber ischiadicum → *Fibulakopf*; Hüftextensor, Knieflexor. Caput breve (→ N. fibularis communis / N. ischiadicus): Linea aspera → *Fibulakopf*; Knieflexor.
- **M. semitendinosus** (→ N. tibialis / N. ischiadicus): Tuber ischiadicum → mediale Tibia; Hüftextensor, Knieflexor.
- **M. semimembranosus** (→ N. tibialis / N. ischiadicus): Tuber ischiadicum → Condylus medialis; stärkster Knieflexor.

Unterschenkelmuskulatur

3 Gruppen, die in getrennten Logen verlaufen.

Ventrale Extensoren mit Sehnen auf dem Fussrücken → N. fibularis profundus

- **M. tibialis anterior**: Condylus lateralis (Tibia), Membrana interossea → Os metatarsale I, Os cuneiforme mediale; Dorsalflexion im OSG, Leitmuskel von A. tibialis und N. tibialis communis.
- **M. extensor hallucis longus**: Mediale Fibula, Membrana interossea → Großzehenphalanx, Dorsalflexion im OSG, Grosszehenextension.
- **M. extensor digitorum longus**: Condylus lateralis (Tibia), Margo anterior (Fibula), Membrana interossea → Dorsalaponeurose 2-5; Dorsalflexion.

- M. peroneus tertius: Condylus lateralis (Tibia), Margo anterior (Fibula), Membrana interossea → Os metatarsale IV/V

Laterale M. peronei mit Sehnen auf dem Aussenknöchel → N. fibularis superficialis

- M. peroneus/fibularis longus: Proximale Fibula, Fascia cruris → Os metatarsale I, Os cuneiforme mediale; Quergewölbsverspannung, Pronation (Innenfussanker), Abduktion.
- N. peroneus/fibularis brevis: Distale Fibula, Septa intermuscularia → Os metatarsale V; Pronation, Abduktion, Plantarflexion.

Dorsale Flexoren (oberflächliche und tiefe Wadenmuskeln für aufrechten Gang) → N. tibialis

- M. triceps surae: „Wade“ mit **Achillessehne** (Tendo calcaneus):
 - **M. gastrocnemicus**
Caput mediale: Condylus medialis (Femur) → Tuber calcanei; Knieflexion, OSG-Plantarflexion, USG-Supination.
Caput laterale: Condylus lateralis (Femur) → Tuber calcanei; Knieflexion, OSG-Plantarflexion, USG-Supination.
 - **M. soleus**: Tibia, proximale Fibula → Tuber calcanei; OSG-Plantarflexion, USG-Supination. Bildet Arcus tendineus m. solei, durch den A., V. und N. tibialis posterior ziehen.
- **M. plantaris**: Condylus lateralis (Femur) → Tuber calcanei; OSG-Plantarflexion, USG-Supination. Schützt A./V. tibialis posterior, kein Teil der Aponeurose.
- **M. flexor digitorum longus**: Dorsale Tibia → Phalanges 2-5; 4 Sehnen durch Sehnenspalte, Zehenflexion 2-5. Bildet mit M. tibialis posterior das **Chiasma crurale**.
- **M. tibialis posterior**: Membrana interossea, dorsale Tibia, mediale Fibula → Tuberositas ossis naviculare, Os cuneiforme I/II; stärkster USG-Supinator, Längsgewölbe-Verspannung.
- **M. flexor hallucis longus**: Fibula, Membrana interossea → Grosszehenphalanx; Grosszehenflexor, OSG-Plantarflexion, Verspannung des Längsgewölbes. Bildet mit M. flexor digitorum longus das **Chiasma plantae**.
- **M. popliteus**: Condylus lateralis (Femur) → hintere Tibia; hemmt Schlussrotation (Aussenrotation bei gestrecktem Kniegelenk), Kniekapselspanner.

Plexus lumbosacralis

Aus den Rami anteriores aus L₁-L₄ + N. thoracicus (T₁₂) wird der obere Anteil, **Plexus lumbalis** gebildet.

Aus den Rami anteriores aus S₁-S₃ + N. lumbalis (L₅) wird der untere Anteil, **Plexus sacralis** gebildet. Sie stehen über den Truncus lumbosacralis miteinander in Verbindung und werden daher als Plexus lumbosacralis zusammengefasst.

Plexus lumbalis (In Indien Gibts Cein Frisches Obst)

- **N. iliohypogastricus** (T₁₂-L₁): m: M. obliquus/transversus abdominis.
 - R. cutaneus lateralis: s: seitliche Hüfte.
 - R. cutaneus anterior: s: Regio inguinalis, Regio pubica.
- **N. ilioinguinalis** (L₁): Hinter der Niere durch den Leistenkanal (Funiculus spermaticus♂)
 - Rr. musculares: m: M. obliquus internus, M. transversus.
 - Nn. scrotales anteriores♂/Nn. labiales anteriores ♀: s: Peniswurzel/Labium majus.
- **N. genitofemoralis** (L₁-L₂): Teilt sich auf M. psoas major und unterkreuzt den Ureter → Leistenkanal.
 - **R. genitalis**: ♂ m: M. cremaster, s: Scrotum + gegenüberliegender Oberschenkel; ♀ s: Labium majus + gegenüberliegender Oberschenkel.
 - **R. femoralis**: s: unterhalb Lig. inguinale.
- **N. cutaneus femoris lateralis**: s: lateraler Oberschenkel.
- **N. femoralis** (L₁-L₄): m: M. iliacus, M. psoas major, M. quadriceps femoris, M. sartorius/obturatorius, M. pectineus. Stärkster Ast. **Innerviert alle Kniegelenkextensoren** und einige Hüftgelenkflexoren.
- **N. saphenus**: Reinsensibel, durch Adduktorenkanal mit M. sartorius zum Knie.
 - R. infrapatellaris: s: mediale Kniescheibe.
 - Rr. cutanei mediales: s: medialer/ventraler Unterschenkel, medialer Fussrand.
- **N. obturatorius** (L₂-L₄): m: M. obturator externus. **Innerviert alle Oberschenkeladduktoren**.
 - R. anterior: m: M. adductor longus/brevis, M. gracilis, M. pectineus; s: medialer Oberschenkel.
 - R. posterior: m: M. adductor magnus/minimus.

Plexus sacralis, stärkstes Nervengeflecht, vor dem vorderen Kreuzbein.

- **N. gluteus superior** (L₄-S₁): m: M. gluteus medius/minimus, M. tensor fasciae latae (Hüftabduktoren), durch Foramen suprapiriforme.
- **N. gluteus inferior** (L₅-S₂): m: M. gluteus maximus, durch Foramen infrapiriforme.
- **N. cutaneus femoris posterior** (S₁-S₃): s: dorsaler Oberschenkel, durch Foramen infrapiriforme.
 - Rr. clunium inferiores: s: Gesäß.
 - Rr. perineales: s: Damm- und Schambereich.
- **N. ischiadicus** (L₄-S₃): Stärkster Körpernerv, Bein-Hauptnerv. **Motorisch zu allen Muskeln distal des Kniegelenkes und der ischiocruralen Muskulatur**, sensorisch zu Unterschenkel und Fuss.
 - **N. tibialis**: Innerviert alle Unterschenkelflexoren und Fussohlenmuskeln.
 - **N. plantaris medialis**: m: M. flexor digitorum/hallucis brevis, M. abductor hallucis.

- N. plantaris lateralis → Nn. digitales plantares.
- **N. fibularis/peroneus communis**: m: M. biceps femoris.
 - N. fibularis superficialis: m: M. peroneus longus/brevis.
 - N. fibularis profundus: m: M. extensor digitorum longus/brevis, M. extensor hallucis longus/brevis, M. tibialis anterior (alle Fussextensoren).
- **N. pudendus** (S₂-S₄): Mit A. und V. pudenda durch Foramen infrapiriforme aus dem Becken und zurück durch Foramen sciaticum minus. m: Sphinctere ani externus, Beckenboden; s: Gesäß-, Anal-, Genitalhaut, Schwellkörper.

Beinarterien

Von der **Aorta abdominalis** gehen bei L₄ die Aa. iliaca communes ab, die sich in je eine A. iliaca interna und eine **A. iliaca externa** → **A. femoralis** $\xrightarrow{\text{Adduktorenkanal}}$ **A. poplitea** → A. dorsalis pedis teilen.

A. femoralis-Äste

- **A. epigastrica superficialis**: Unterhalb Lig. inguinale zur Nabelhöhle (Anastomose mit A. thoracica interna).
- **A. circumflexa iliaca superficialis**: Unter dem Lig. inguinale zur Spina iliaca anterior.
- **A. profunda femoris**: Stärkster Ast, der unterhalb des Lig. inguinale abgeht und die Aa. circumflexa femoris und die Aa. perforantes abgibt.

Nach dem Adduktorenkanal wird die A. femoralis zur A. poplitea, die sich bis zum Rand des M. popliteus zieht und am Arcus tendineus m. solei die Endäste **A. tibialis posterior/anterior** angibt. Im Bereich des Kniegelenks bildet sich aus den Zuflüssen das **Rete articulare genus**.

Die A. tibialis anterior verläuft auf der Unterschenkelvorderseite mit dem N. fibularis profundus in der Extensorenloge zum Fuss verläuft und in die **A. dorsalis pedis** (Extensorenversorgung) übergeht, die auf dem Fussrücken mit der Sehne des M. extensor hallucis longus verläuft.

Die stärkere A. tibialis posterior läuft zum Malleolus medialis und durch den medialen Malleonarkanal zur Fusssohle wo sie in die **A. plantares medialis lateralis/medialis** (Flexorenversorgung) ausläuft. Vorher gibt sie die **A. fibularis/peronea** ab, die zum Malleolus lateralis verläuft.

Beinvenen

Die Hauptstämme **V. saphena magna** → **V. femoralis** → **V. iliaca externa** und **V. saphena parva** → **V. poplitea** stehen über die Vv. perforantes und die Vv. communicants (tiefe Begleitvenen) untereinander in Verbindung.

Von der Fusssohle (Rete venosum plantare) läuft das Blut in die V. saphena magna, die am Malleolus medialis vorbei über den medianen Unterschenkel zur Kniekehle verläuft und danach mit dem N. saphenus durch die Fascia cribrosa zu ziehen um in die **V. femoralis** zu münden.

Die vom Rete venosum dorsale pedis lateral mit dem N. suralis ziehende V. saphena parva mündet in die V. poplitea.

Lymphgefäße und Lymphknoten

Die oberflächlichen Lymphgefäße begleiten die V. saphena magna/parva, in sie sind in der Leistenbeuge die **Nll. inguinales superficiales** eingeschaltet, die zu den tiefen Lymphknoten (**Nll. inguinales profundi**) leiten.

Die tiefen Lymphgefäße verlaufen mit den Arterien und laufen über die 3 **Nll. popliteales** zu den Nll. inguinales profundi.

Die tiefen Lymphknoten geben die Lymphe an die grossen Rosenmüller/Cloquet (Nll. anuli femoralis) ab → Nll. iliaci externi → Nll. iliaci communes → Nll. lumbales (Bauchhöhle).

Regio inguinalis (Leiste)

Das **Lig. inguinale** zwischen Spina iliaca anterior superior und Tuberculum pubicum besteht aus Aponeurosenzügen von M. obliquus externus/internus abdominis, M. transversus abdominis und Fascia iliaca und bildet die vordere Wand des Leistenkanals (**Canalis inguinalis**). Der Canalis inguinalis zieht vom **Anulus inguinalis profundus** schräg nach oben und endet mit dem **Anulus inguinalis superficialis** im M. obliquus externus und wird von Lig. reflexum und Crus mediale/laterale begrenzt.

Inhalt des Canalis inguinalis:

- ♂: Funiculus spermaticus, N. ilioinguinalis und N. genitofemoralis r. genitalis.
- ♀: Lig. teres uteri, A. ligamenti teretis uteri, N. ilioinguinalis und N. genitofemoralis r. genitalis.

Durch die vom **Arcus iliopectineus** geteilte Lacuna musculorum et vasorum inguinales zwischen Os pubis und Lig. inguinale treten von medial nach lateral:

- **Lacuna vasorum**: V. femoralis, A. femoralis, N. genitofemoralis r. genitalis.
- **Lacuna musculorum**: N. femoralis, N. cutaneus femoris lateralis, M. iliopsoas

Hernien sind pathologische Ausstülpungen des Peritoneums durch Lücken oder Bruchstellen:

- **Hernia inguinalis** (Leistenbruch): Häufigste Hernie (75%), Bruch oberhalb des Lig. inguinale (Leistenband).
 - Indirekt (angeboren): In *Fossa inguinalis lateralis* durch Anulus inguinalis profundus → Canalis inguinalis.

- Direkt (erworben): In *Fossa inguinalis medialis* (muskelfreie Bauchwand, *nicht* Canalis inguinalis!).
- **Herina femoralis** (Schenkelhernie, Merozele): Bruch des Leistenbandes (Anulus femoralis → Hiatus saphenus), der bis in den Oberschenkel reichen kann (insb. in der Schwangerschaft).

Kopf und Hals

Neurocranium (Schädelbasis und Kalotte)

Der Schädel entwickelt sich aus desmal (Desmocranium aus Bindegewebsknochen) und osmal (Chondrocranium aus Ersatzknochen) aus Mesenchym. Das **Desmocranium** umfasst Os frontale/parietale, Squama occipitale/temporalia, Os nasale/lacrimale, Vomer, Os palatinum/zygomaticum, Maxilla/Mandibula. Das **Chondrocranium** bildet die Wachstumsfuge (**Synchondrose**), die bis zum 20. Jahr zu einer Synostose verknöchert sowie folgende enchondrale Knochen umfasst: Os ethmoidale, Concha nasalis inferior, Os occipitale (ex. Squama), Os sphenoidale, Felsenbein (Pars petrosa), Os hyoideum, Amboss und Steigbügel.

Suturen und Fontanellen

- **Sutura frontalis**: Ossa frontalia, Verknöcherung ~2a (z.T. auch nie).
- **Sutura sagittalis**: Ossa parietale, Verknöcherung ~30a.
- **Sutura coronalis**: Os frontale ↔ Os parietale, Verknöcherung ~30a.
- **Sutura lambdoidea**: Ossa parietalia ↔ Squama occipitalis, Verknöcherung ~40a.
- **Fonticulus posterior**: Dreieckig zwischen Ossa parietale ↔ Os occipitale, Schluss ~3M.
- **Fonticulus sphenoidalis**: Paarig zwischen Os parietale/Os sphenoidale/Os frontale, Schluss ~6.
- **Fonticulus mastoideus**: Paarig zwischen Os parietale/Os temporale/Os occipitale/Proc. mastoideus, Schluss 18M.
- **Fonticulus anterior**: Raute zwischen Ossa frontalia ↔ Ossa parietale, Schluss ~36M.

Schlundbögen

Unterhalb des Stomadeum (primäre Mundbucht) entstehen die Schlundbögen, dazwischen die äusseren Furchen und inneren Taschen:

- **I (Manibularbogen)**: Meckel-Knorpel (Kaumuskulatur, Amboss und Hammer, Mandibulanteil), N. mandibularis (V3).
- **II (Hyoïdbogen)**: Reichert-Knorpel (Steigbügel, Proc. styloideus, Os hyoideum (Anteil)), M. stapedius, M. stylohyoideus, mimische Muskulatur, N. facialis (VII). Wird zur **Operkularfalte**.
- **III**: Os hyoideum (Anteil), M. stylopharyngeus, M. constrictor pharyngis superior/medius, N. glossopharyngeus, untere A. carotis interna.
- **IV**: Oberer Schildknorpel, untere Pharynxmuskulatur, N. laryngeus superior (aus Vagus X), Aortenbogen (L), A. subclavis (R).
- **V/VI** (undeutlich): Unterer Schildknorpel, Ring-, Stellknorpel, Kehlkopfmuskulatur, M. trapezius, M. sternocleidomastoideus, N. laryngeus recurrens (aus Vagus X), N. accessorius (XI), Aa. pulmonales, Durctus arteriosus.

Aus den Schlundtaschen entwickeln sich:

- 1: Tuba auditiva, Paukenhöhle, Trommelfell, Antrum mastoideum.
- 2: Tonsilla palatina (Gaumenmandel).
- 3: Thymus, Gl. parathyroidea inferior.
- 4: Gl. parathyroidea superior
- 5: C-Zellen der Thyroidea.

Schädelbasisöffnungen

Öffnung	Lage	Inhalt
Lamina cribrosa	Os ethmoidale	Nn. olfactorii, N./A./V. ethmoidales anterior
Canalis hypoglossi	Os occipitale	N. hypoglossus (XII)
Foramen magnum	Os occipitale	Medulla oblongata, N. accessorius (XI), Aa. vertebrales, A. spinalis anterior, Aa. spinales posteriores, V. spinalis
Canalis opticus	Os sphenoidale	N. opticus (II), A. ophthalmica
Fissura orbitalis superior	Os sphenoidale	N. oculomotorius (III), N. trochlearis (IV), Äste des N. ophthalmicus (aus V1), N. abducens (VI), V. ophthalmica superior
Foramen lacerum	Os sphenoidale	N. petrosus major/minor. Durch Faserknorpel verschlossen.
Canalis pterygoideus	Os sphenoidale	N. petrosus major, N. petrosus profundus
Foramen ovale	Os sphenoidale (Ala major)	N. mandibularis (V3), A. meningea accessoria
Foramen rotundum	Os sphenoidale (Ala major)	N. maxillaris (V2)
Foramen spinosum	Os sphenoidale (Ala major)	A. meningea media, N. mandibularis r. meningeus
Canaliculi caroticotympanici	Os temporale	Nn. caroticotympanici

Meatus acusticus internus	Os temporale	N. facialis (VII), N. vestibulocochlearis (VIII), A./V. labyrinthi
Canaliculus mastoideus	Os temporale	N. vagus r. auricularis
Canaliculus tympanicus	Os temporale	N. tympanicus (aus IX), A. tympanica inferior
Canalis musculotubaris	Os temporale	Tuber auditiva, M. tensor tympani
Foramen stylo-mastoideum	Os temporale	N. facialis (VII), A. stylomastoidea
Hiatus canalis n. petrosi majoris	Os temporale	N. petrosus major
Hiatus canalis n. petrosi minoris	Os temporale	N. petrosus minor, A. tympanica superior
Canalis caroticus	Os temporale (Pyramide)	A. carotis interna, Plexus sympathicus, Plexus venosus internus
Foramen jugulare	Os temporale/occipitale	Vorne: N. glossopharyngeus (IX), Sinus petrosus inferior; hinten: N. vagus (10), N. accessorius (11), V. jugularis interna, A. meningea posterior

Orbitaöffnungen

Öffnung	Lage	Inhalt
Canalis opticus	Os sphenoidale	N. opticus (II), A. ophthalmica
Canalis nasolacrimalis	Os lacrimale	Ductus nasolacrimalis
Canalis infraorbitalis	Maxilla	N./A. infraorbitalis
Fissura orbitalis superior	Os sphenoidale	N. oculomotorius (III), N. trochlearis (IV), V1-Äste, N. abducens (VI), V. ophthalmica superior
Fissura orbitalis inferior	Maxilla / Ala major	N./A./V. infraorbitalis, N. zygomaticus, V. ophthalmica inferior
Foramen supraorbitale	Os frontale	N. supraorbitalis lateralis
Foramen frontale	Os frontale	N. supraorbitalis medialis
Foramen ethmoidale anterius	Os frontale/ethmoidale	N./A. ethmoidalis anterior
Foramen ethmoidale posterius	Os frontale/ethmoidale	N./A. ethmoidalis posterior
Foramen zygomaticoorbitale	Os zygomaticum	N. zygomaticotemporalis/facialis

Kaumuskulatur

Die vom Schädel zur Mandibula ziehenden Kaumuskeln werden von Ästen des N. mandibularis (V3) innerviert:

- **M. masseter** (→ N. massetericus): Jochbogen → äussere Mandibula; Kiefer-schliesser.
- **M. temporalis** (→ Nn. temporales profundi): Os parietale (linea temporalis inferior) → Proc. coronoideus; Stärkster Kiefer-schliesser.
- **M. pterygoideus lateralis** (→ N. pterygoideus lateralis)
Caput laterale: Os sphenoidale (Proc. pterygoideus) → Proc. condylaris; Mandibulavorschieber/verschieber.
Caput mediale: Os sphenoidale (Ala major) → Gelenkkapseldiscus; Mahlbewegung.
- **M. pterygoideus medialis** (→ N. pterygoideus medialis): Os sphenoidale (Fossa pterygoidea) → innerer Mandibula-Angulus; Kiefer-schliesser und –Aufhänger (mit M. Masseter).

Nasenhöhle

Durch den vom **Septum nasi** (dorsal aus Knochen, ventral aus Knorpel; aus dem Venenplexus Locus Kieselbachii kann es zu Nasenbluten –Epistaxis- kommen) getrennten Vorhof gelangt die Luft in die Nasenhöhle. In die Nasenhöhle ragen 3 von Schleimhaut überzogene Knochenplatten (Conchae nasi):

- **Concha nasi inferior**: Eigenständiger Knochen.
- **Concha nasi media**: Von Os ethmoidale.
- **Concha nasi superior**: Von Os ethmoidale.

Unter den Conchae ziehen Nasengänge zu den Nebenhöhlen; **Meatus nasi superior** (Mündung der Siebbeinzellen), **Meatus nasi medius** (mit **Hiatus semilunaris**, der Mündung von Stirn- und Kieferhöhle) und **Meatus nasi inferior** (Mündung des Ductus nasolacrimalis). Die Grenze von der Nasenhöhle zum Rachenraum bilden die **Choanen**.

In der Nasenhöhle kommen 2 verschiedene Schleimhäute vor:

- Regio respiratoria: Concha nasi inferior/media mit schleimproduzierendem mehrreihigem Zylinderepithel.
- Regio olfactoria: Riechschleimhaut aus mehrreihigem Zylinderepithel mit Riech-, Stütz- und Basalzellen.

Nasennebenhöhlen (Sinus paranasales)

Die Nebenhöhlen in den benachbarten Knochen reifen erst nach der Geburt durch Einwachsen von Schleimhaut aus, sie dienen als Resonanzraum und der Luftherwärmung.

Sinus maxillaris: Grösste Nebenhöhle, paarig in der Maxilla. Über das Infundibulum ethmoidale/Hiatus maxillaris mit dem Meatus nasi medius verbunden.

Sinus frontalis: Paarig im Os frontale (getrennt durch Septum interfrontale), münden über die Apertura sinus frontalis in den Hiatus semilunaris.

Sinus sphenoidalis: Paarig im Os sphenoidale, mündung in den Recessus sphenoeethmoidalis. Dient als operativer Zugang zu Hypophyse.

Sinus ethmoidalis: 8-10 verkapselte Siebbeinzellen (mit der grossen **Bulla ethmoidalis**) im Os ethmoidale, die hinteren münden in den Meatus nasi superior, die vorderen in den Meatus nasi medius.

Zähne

Entwicklung

In der 6. Woche bildet sich die ektodermale Zahnleiste, aus der in der 8. Woche je 10 Zahnknospen (**Schmelzorgan**, Milchzahnanlagen) in das umliegende Mesenchym (das die Zahnpapille bildet) einwachsen. Die äusseren und inneren Zellen des Schmelzorgans bilden das innere und äussere Schmelzepithel mit der dazwischenliegenden Schmelzpulpa. Aus dem Schmelzepithel bilden sich die **Adamantoblasten** (Schmelzbildner), aus dem Papillenmesenchym die palisadenartigen **Odontoblasten** (Dentinbildner). Nach dem Zahnaufbau wandeln sich die Adamantoblasten zu Saume epithelzellen um, welche die widerstandsfähige **Cuticula** bilden; die Odontoblasten bilden die **Zahnwurzel**. Um die Zahnwurzel bilden sich Mesenchymzellen zu **Zementoblasten**, Alveolarknochen und **Periodontium** (Wurzelhaut) um.

Aufbau

- **Corona dentis** (Zahnkrone): Herausragender von Schmelz überzogener Teil.
- **Cervix/Collum dentis** (Zahnhal): Befestigung an der Gingiva (Zahnfleisch).
- **Radix dentis** (Zahnwurzel): Zementüberzogene Verankerung in der Alveolarwand.
- **Cavitas dentis** (Zahnhöhle): Enthält die bindegewebige **Pulpa**, geht in den Wurzelkanal (Canalis radialis dentis) über, an dessen Foramen apicis radialis dentis die Nerven und Gefässe eintreten.
- **Periodontium (Zahnhaut):** Kollagenfasern mit Nerven und Gefässen, welche den Zahn im Alveolarknochen verankern.

Mineralisierungen

- **Schmelz:** Zell-, Gefäß- und Nervenfreier Mantel der nachdem die Adamantoblasten abgerieben wurden nicht neugebildet werden kann.
- **Dentin (Zahnbein):** Aus Mineralien und Kollagen, wird von den Randständigen Odontoblasten gebildet.
- **Zement:** Knochenähnlich, umgibt den Zahn an der Schmelzgrenze.

Die Zähne werden durch N. maxillaris (V2) → Nn. alveolares superiores und N. mandibularis (V3) → Nn. alveolares inferiores innerviert und durch A. alveolaris superior posterior und A. alveolaris inferior versorgt.

Zunge

Muskulatur (→ N. hypoglossus XII)

- **M. genioglossus:** Spina mentalis (Mandibula) → Aponeurosis linguae; Zunge nach vorne/unten, Mundboden/Os hyoideum hoch, Mandibula nach unten. Erstickungsgefahr bei Erschlaffung.
- **M. hyoglossus:** Cornu majus (Os hyoideum) → Aponeurosis linguae; Zunge nach hinten unten.
- **M. styloglossus:** Proc. styloideus (Os temporale) → Zungenspitze; Zunge nach hinten oben.

Innervation

In den Zungenpapillen sitzen die Geschmacks- und Tastsensoren:

- **Geschmacksknospen:** Sekundäre Sinneszellen v.a. im Epithel der Papillae vallatae, mit Sinnes-, Stütz- und Basalzellen, sie haben eine sehr kurze Lebensdauer (5-20h) → N. vagus r. laryngeus superior.
- Papillae vallatae: Spüldrüsen, die der Reinigung der Geschmacksknospen dienen → N. glossopharyngeus (IX).
- Papillae fungiformes: Thermorezeptoren → Chorda tympani (N. facialis VII).
- Papillae filiformes: Verhornte Mechanorezeptoren.
- Papillae foliatae: Ausführgänge der von Ebner-Spüldrüsen mit vereinzelt Geschmacksknospen.

Die sensible Innervation erfolgt vorne durch den N. lingualis (aus V3), hinten durch den N. glossopharyngeus (IX) und im Übergangsbereich durch den N. vagus r. laryngeus superior.

Speicheldrüsen

Die Speicheldrüsen produzieren in den Endstücken ca. 1.5l/d schleimiges Sekret, dessen Elektrolytgehalt in den Streifenstücken eingestellt wird (Na^+/Cl^- Absorption, $\text{K}^+/\text{HCO}_3^-$ Sekretion). Die grossen Speicheldrüsen sind:

Glandula parotis (Ohrspeicheldrüse), rein **serös** (wie Pankreas und Gl. lacrimalis)

Liegt in der Parotisloge der Fossa retromandibularis und wird von A. carotis externa (die sich dort in A. maxillaris und A. temporalis superficialis teilt), V. retromandibularis, N. auriculotemporalis (aus V3) und N. facialis (VII, Plexus parotideus) durchzogen. Sie gibt ihr Sekret über den 4cm lange Ductus parotidues (durch M. buccinator) zur Mündung am 2. Molaren.

Sie enthält histologisch viele **Streifenstücke** (Sekretrohre, ≠ Pankreas!), produziert ein dünnflüssiges enzymreiches Sekret und wird sowohl sympathisch als auch parasympathisch innerviert (aus N. glossopharyngeus → N. tympanicus → N. petrosus minor → N. auriculotemporalis) und von der A. temporalis superficialis → A. transversa faciei versorgt.

Glandula submanibularis (Unterkieferdrüse), **seromukös**

Auf dem M. mylohyoideus liegende seromuköse Drüse deren Ausführungsgang in der Caruncula sublingualis mündet, die serösen Endstücke bilden **von Ebner-Halbmonde**. Die Innervation erfolgt zusammen mit der Unterzungendrüse sympathisch (Plexus A. facialis) und parasympathisch über Chorda tympani → Ganglion submandibulare → Ganglion submandibularis/sublingualis; die Versorgung über die A. facialis.

Glandula sublingualis (Unterzungendrüse), **seromukös**

Oberhalb des M. mylohyoideus unter der Schleimhaut (Vorwölbung als Plica sublingualis), Mündung mit der Gl. submandibularis in der Caruncula (hinterer Anteil) und daneben (vorderer Anteil). Schalt- und Streifenstücke kommen nur selten vor.

Gaumensegel

Das Gaumensegel (weicher Gaumen) wird vom **M. tensor veli palatinum** gespannt und vom **M. levator veli palatini** gehoben, sie werden von Ästen des N. maxillaris (V2) innerviert.

Pharynx (Rachen/Schlund)

12-14cm langer Kanal von der Mundhöhle (Isthmus faucium)/Nasenhöhle (Choanen) bis zum Larynx (**Aditus laryngis**).

- Pars nasalis (Epipharynx): Schädelbasis → Gaumensegel, mit kapselloser **Tonsilla tubaria** durch die Tuba auditiva mit dem Mittelohr verbunden. *Rein respirativ* mit respiratorischem Epithel.
- Pars oralis (Mesopharynx): Uvula → Epiglottis, mehrschichtig unverhorntes Plattenepithel.
- Pars laryngea (Hypopharynx): Epiglottis → Ringknorpel, mehrschichtig unverhorntes Plattenepithel.

Muskulatur

- **Konstriktoren:** M. constrictor pharyngis superior/medius/inferior, die an der Raphe pharyngis ansetzen. Innervation durch N. glossopharyngeus (IX), N. Vagus (X) und sympathische Fasern, dient der Larynx- und Hyoidhebung und Einschnürung.
- **Levatores:** M. stylopharyngeus (→ N. glossopharyngeus IX; Schlundweitung), M. salpingopharyngeus (→ N. glossopharyngeus rr. tonsillares; Schlundheber) und M. palatopharyngeus (→ N. glossopharyngeus; Larynxheber).

Eine Lamina muscularis mucosae kommt in keinem Anteil vor!

Schlucken (reflektorisch)

Das Schluckzentrum sitzt in der Medulla oblongata und innerviert über den N. glossopharyngeus (IX) und N. vagus (X).

Nur der 1. Schritt (Nahrung → Pharynx, durch Kontraktion der Mundbodenmuskulatur) verläuft willkürlich. Durch die Hebung des Mundbodens wird der Luftweg durch die Epiglottis (Druck von Corpus adiposum preepiglotticum) verschlossen, ausserdem kontrahiert der Isthmus faucium und der Passavant-Ringwulst (oberer Schludrschnürring) um ein Rückfließen zu verhindern. Durch Kontraktion von Mm. styloglossi und Mm. hyoglossi wird die Nahrung weiter zum Ösophagus transportiert, der sie peristaltisch zum Magen befördert.

Larynx (Kehlkopf)

Knorpelskelett

- Schildknorpel (Cartilago thyroidea): 2 Platten mit Incisura thyroidea superior. Über das Art. cricothyroidea (→ **Stimmbandspannung**) mit Ringknorpel verbunden.
- Ringknorpel (Cartilago cricoidea): Gelenking mit Schild- und Stellknorpel (Art. cricoarytenoidea → **Stimmritzenspannung**) verbunden.
- Paariger Stellknorpel (Cartilago arytenoidea): Mit Proc. muscularis und Proc. vocalis (→ Lig. vocale).
- Epiglottis: Über Bänder mit Os hyoideum und Schildknorpel verbunden, aus elastischem Knorpel.

Bänder

- Membrana thyrohyoidea
- Lig. cricothyroideum
- Lig. cricotracheale
- **Lig. vestibulare** (Taschenband): Verbindet Stellknorpel mit Epiglottis oberhalb des Lig. vocale.
- **Lig. vocale** (Stimmband): Aus kollagenen und elastischen Fasern zwischen Stellknorpel (Proc. vocalis) und innerem Schildknorpel
- Conus elasticus: Umschliesst die Subglottis

Stellmuskulatur (→ **N. laryngeus inferior**), meist paarig

- **M. cricoarytenoideus posterior**: Ringknorpel → Stellknorpel (Proc. muscularis); Stimmbandspanner und Stimmritzenöffner.
- **M. cricoarytenoideus lateralis**: Ringknorpel → Stellknorpel; Stimmritzenschliesser (Flüstersprache).
- **M. thyroarytenoideus**: Innerer Schildknorpel → Epiglottisrand; Stimmritzenschliesser.
 - **M. thyroepiglotticus**: Innerer Schildknorpel → Epiglottisrand; schwach.
- **M. arytenoideus transversus**: Stellknorpel ↔ Stellknorpel; Unpaarig, verschliesst die hintere Stimmritze.
- **M. arytenoideus obliquus**: Stellknorpel (Proc. muscularis) → Stellknorpelspitze; Stimmritzenschliesser.
 - **M. aryepiglotticus**: Stellknorpelspitze → Epiglottisrand; schwacher Eingangsschliesser.

Spannmuskulatur

- **M. cricothyroideus** (→ **N. laryngeus superior**): Äußerer Ringknorpelbogen → unterer Schildknorpel; Stimmbandspanner.
- **M. vocalis** (→ **N. laryngeus inferior**): Schildknorpel → Stellknorpel (Proc. vocalis); In der Plica vocalis; Schwingungsregulation.

Phonation

Luftstrom aus der Lunge durch die Rima glottidis bringt die Ligg. vocales zum schwingen, die Schwingung kann durch die Stimmbandspannung / Ritzenöffnung über die Larynxmuskulatur reguliert werden (♀ haben kürzere Ligg. vocales und dadurch höhere Stimmen). Die Schwingungen werden durch Resonanzen in Pharynx und Nase verstärkt, die Konsonanten werden durch den Mund geformt. Beim Flüstern ist die Rima glottidis bis auf ein kleines Dreieck geschlossen.

Glandula thyroidea (Schilddrüse)

Endokrine Drüse mit 2 Seitenlappen (**Lobus dexter/sinister**), verbindendem Querstück (**Isthmus**) und unregelmäßigem **Lobus pyramidalis** (Rest des Ductus thyroglossus vom Descensus). Sie ist von einer doppelten Kapsel umgeben, wobei die äussere **Capsula fibrosa** mit der Trachea verwachsen ist (Und die Epithelkörperchen der Nebenschilddrüse enthält) und die innere **Capsula interna** die Drüse durch Trabekelzüge in Lobuli unterteilt.

Das Parenchym besteht aus **Follikeln** mit Thyreoglobulin in deren Epithelzellen die Schilddrüsenhormone (T_3, T_4) gebildet werden (reguliert durch TSH aus HVL). Im Epithel kommen ausserdem **C-Zellen** vor, die **Kalzitinin** (Ca^{2+} Senker) bilden.

Die Innervation erfolgt durch Äste des **N. vagus** (**N. laryngeus superior/inferior**), die Versorgung durch **A. carotis externa** → **A. thyroidea superior** und **truncus thyrocervicalis** → **A. thyroidea inferior** (paarig).

Nebenschilddrüse (Epithelkörperchen)

Zwischen Capsula fibrosa und interna der Thyroidea liegen die meist 4 Epithelkörperchen (Gl. parathyroidea, aus 3./4. Schlundtasche), das Parenchym umfasst **helle Hauptzellen** (Parathormonproduktion), **dunkle Hauptzellen** (Parathormonproduktion) und **oxyphile Zellen**. Parathormon dient der Osteoblastenstimulation bei Kalzium-/Phosphatmangel.

Gefäße

A. subclavia, aus Truncus brachiocephalicus durch Skalenuslücke zur Achselhöhle → **A. axillaris**

- **A. vertebralis** → (Foramen magnum) **A. basilaris** → **A. cerebri posterior**.
- **A. thoracica interna**:
 - **A. pericardiophrenica** → Perikard, Diaphragma.
 - **A. musculophrenica** → Interkostalraum, Diaphragma.
 - **A. epigastrica superior** → zum Nabel, Anastomose zur **A. iliaca externa**.
- **Truncus thyrocervicalis**:
 - **A. thyroidea inferior** → Oesophagus, Pharynx, Larynx.
 - **A. cervicalis ascendens** → Rückenmark, Hals- und Rückenmuskulatur.
 - **A. suprascapularis** → **M. infraspinatus**, Anastomose mit **A. circumflexa scapulae**.
 - **A. transversa colli**.
- **Truncus costocervicalis**:
 - **A. cervicalis suprema** → Hals- und Nackenmuskeln.
 - **A. cervicalis profunda** → Nackenmuskeln.

A. carotis communis aus Truncus brachiocephalicus (R)/ Aortenbogen (L), teilt sich in der Aortengabel mit **Sinus caroticus** (Tastbarer Karotispuls, **Pressorezeptoren**) in:

- **A. carotis interna**, durch **Canalis caroticus** (Felsenbein) in die Schädelhöhle:
 - **A. ophthalmica** → durch **Canalis opticus** zur Augenhöhle.
 - **A. centralis retinae**, innerhalb **N. opticus** zur Retina.
 - **A. cerebri media** (Endast) → laterale Gehirnoberfläche.
- **A. carotis externa**, durch **Gl. parotis**
 - **A. thyroidea superior**: Kehlkopfmukosa.
 - **A. lingualis** → **A. profunda linguae**: **Gl. sublingualis**, **Gl. labiales**, **Mandibularzahnfleisch**.

- A. occipitalis: Durch M. trapezius zum Hinterhaupt.
- A. facialis → A. angularis: Tonsilla palatina, Gaumensegel, Gaumen, Kinn, Lippen.
- A. pharyngea ascendens → A. tympanica inferior, A. meningea posterior.
- A. maxillaris
 - A. meningea media: Grösste Hirnhautarterie (Dura mater, Schädelknochen).
 - A. alveolaris superior/inferior: Unterkiefer, Mundmukosa, Backenzähne.
 - A. infraorbitalis: Durch Fissura orbitalis → Orbita, durch Canalis infraorbitalis → Gesicht.
- A. temporalis superficialis: Gl. parotis, Gehörgang, Gesicht, Augenwinkel.

V. jugularis interna mit erweitertem **Bulbus superior** im Foramen jugulare und kaudalem **Bulbus inferior**. Sie führt das Blut der *A. carotis communis* aus Gehirn und Gesicht ab:

- Sinus petrosus inferior aus Sinus cavernosus.
- V. facialis.
- V. retromandibularis.
- V. lingualis.
- V. thyroidea superior.
- Vv. thyroideae mediae.

V. jugularis interna, V. subclavia sowie die Lymphgefäße **Ductus thoracicus** und **Ductus lymphaticus** fließen im **Angulus venosus** zusammen → **V. brachiocephalica** sinistra/dextra → **V. cava superior**.

Halsregion

- Regio cervicalis anterior
 - Trigonum submandibulare, Trigonum submentale, Trigonum caroticum (Puls), Trigonum musculare (Larynx, Gl. thyroidea, Gll. parathyroideae, Trachea, Oesophagus).
- Regio sternocleidomastoidea mit A. carotis communis, V. jugularis interna und N. vagus.
- Regio cervicalis lateralis
 - Regio colli lateralis, Trigonum omoclaviculare
- Regio cervicalis posterior im Nacken (N. occipitalis major/minor/tertius, A./V. occipitalis, N. suboccipitalis).

Leibeswand (Rücken, Brustwand, Bauchwand)

Wirbelsäule

Die Verknöcherung der meist 33 hyalinen Wirbelkörper aus den Somniten → **Sklerotomen** beginnt am 3. Entwicklungsmonat, im 1. Lebensjahr verschmelzen die 3 Knochenkerne; erst mit dem 25. Lebensjahr ist sie beendet, damit sich die Wirbelsäule dem Wachstum des Rückenmarks anpassen kann.

Ist der Schluss der Wirbelbögen zum Dorfortsatz unvollständig bleibt der Wirbelkanal (Foramina vertebralis, von Foramen occipitale → Hiatus sacralis) offen, es kommt zur Spina bifida.

Die 33 Wirbel gliedern sich in:

- **C₁-C₇: Halswirbel** mit Foramen transversarium; C₁=Atlas (ohne Wirbelkörper), C₂=Axis mit Dens → Kopfbewegung, C₇: Vertebra prominens mit ungesgabeltem Proc. spinosus.
- **T₁-T₁₂: Brustwirbel**, mit den Rippen verbunden.
- **L₁-L₅: Lendenwirbel** mit Proc. mamillaris (rudimentärer Rückenmuskelansatz). Bei L₄ (auf Höhe der Crista iliaca) wird die Lumbalpunktion durchgeführt.
- S₁-S₅: Kreuzwirbel, ab 20a zum Kreuzbein (**Os sacrum**) verschmolzen. S₂ springt als **Promontorium** hervor.
- 4 Steißwirbel, ab 20a zum Steissbein (**Os coccygis**) verschmolzen.

Beim rheumatischen Morbus Bechterew verknöchern weitere Wirbelgelenke miteinander (→ Morgensteife).

Durch die verknöcherten unteren Anteile nimmt die Beweglichkeit nach kaudal ab.

Die normale Form der Wirbelsäule ist Doppel-S-förmig (**Lordose** = Vorwölbung, **Kyphose** = Innenwölbung), Abweichungen der Normalform werden als Skoliose bezeichnet.

Die Foramina intervertebralia, durch welche die Spinalnerven, R. meningeus (N.) und R. spinalis (A.) treten werden durch die Incisura vertebralis superior/inferior und das Lig. flavum gebildet. Darin liegt ausserdem das Ganglion spinale der sensiblen Radix posterior.

In einer beidseitig von den Proc. spinosi/transversi gebildeten Rinne verlaufen die tiefen autochtonen Rückenmuskeln (**M. erector spinae**).

Gelenke, Bänder und Bandscheibe

Das von den Bändern gehaltene Zwischenwirbelgelenk wird von den oberen **Proc. articulares inferiores** und den oberen Proc. articulares superiores gebildet. Das elastische, gelbe **Lig. flavum** verbindet benachbarte Wirbelbögen und begrenzt den Wirbelkanal lateral, Das Nackenband (**Lig. nuchae**) verbindet das Os occipitale mit den Proc. spinosi der Halswirbel.

Die Disci intervertebrales bestehen aus einem Gallertkern (**Nucleus pulposus**, Rest der Chorda dorsalis) und einem kollagenen Faserring (**Anulus fibrosus**), ihre Grösse nimmt nach kaudal hin zu. Beim Erwachsenen sind Gefäße und Nerven zurückgebildet, die Ernährung erfolgt durch Diffusion.

Das **Atlantookzipitalgelenk** wird durch die Membrana atlantooccipitalis anterior und Membrana atlantooccipitalis posterior (\cong Lig. flavum).

Das **Atlantoaxialgelenk** besteht aus 3 Anteilen die ein Drehgelenk um den Dens bilden; es wird gehalten durch Lig. alaria (Flügelbänder), Lig. cruciforme atlantis (Kreuzband), Lig. apicis dentis (Spitzenband) und Membrana tectoria (hinteres Längsband).

Thorax (Rippen + Sternum)

Das Sternum ist ein platter, knochenmarkhaltiger Körper aus 3 verbundenen Anteilen:

- **Manubrium**: Ansatz der Clavicula (mit Incisura clavicularis), und 1. Rippe. Der Übergang zum Corpus wird durch den tastbaren **Angulus sterni** gebildet, an dem die 2. Rippe ansetzt.
- **Corpus**
- **Proc. xiphoideus**

Die 12 Rippenpaare (7 mit dem Sternum verbundene **Costae verae**, 3 **Costae spuriae** mit **Arcus costalis** und 2 Rudimente) haben einen knöchernen und einen knorpeligen Anteil. Sie sind am Caput gelenkig mit der Wirbelsäule verbunden, mit dem Sternum sind nur die 2.-7. Rippe gelenkig verbunden. Durch den **Sulcus costae** verlaufen die Interkostalgefäße und Nerven. Bis zum 12. Jahr stehen die Rippen fast horizontal und hemmen die Brustatmung.

Die Mm. intercostales werden von den Nn. intercostales r. ventrales innerviert und sind von einer inneren Fascia endothoracica und einer äusseren Fascia thoracica umhüllt

Diaphragma (Zwerchfell)

Kuppelförmige Trennwand von Thorax und Abdomen aus Sehnenplatten und Muskeln; das Zwerchfell verlagert sich im 2. Entwicklungsmonat mit den Nn. phrenici von der Hals in die Brustregion, es wird aus 4 Anlagen gebildet (Septum transversum \rightarrow Centrum tendineum, Oesophagus-Mesenterium, Membranae pleuroperitoneales, Parietales Mesoderm).

Es ist der wichtigste **Bauchatemmuskel**, er wird durch **Nn. phrenici** (C₃-C₅) motorisch innerviert und durch die **Aortaäste** Aa. phrenicae superiores/inferiores, Aa. phrenicae inferiores und **A. thoracica intera-Äste** (A. pericardiacophrenica, A. musculophrenica) versorgt

- **Pars lumbalis** mit Crus dextrum und sinistrum, je medial und lateral. Die Crura laterale entspringen L₁ und den Lig. arcuatum laterale (Quadratusarkade) mediale (Psoasarkade). Öffnungen: **Hiatus aorticus**, **Hiatus oesophageus**.
- **Pars costalis** entspringt den unteren 6 Rippen \rightarrow Centrum tendineum (zentrale Zwerchfellsehne/**Herzsattel**)
- **Pars sternalis** entspringt dem Proc. xiphoideus und Rektusscheide \rightarrow Centrum tendineum.

Öffnungen

Öffnung	Lage	Durchtritt von
Hiatus aorticus	Zwischen Crura media (L ₁)	Aorta descendens, Ductus thoracicus
Hiatus oesophageus	Pars lumbalis (T ₁₀)	Oesophagus, N. phrenicus-Äste, Vagusäste
Foramen v. cavae	Centrum tendineum (T ₉)	V. cava inferior, N. phrenicus r. phrenicoabdominalis
Lumbalspalt (medial)	Pars lumbalis (L ₁)	N. splanchnicus major, V. azygos/V. hemiazygos
Lumbalspalt (lateral)	Crus laterale	Truncus sympathicus
Medial-laterale Lücke	Pars lumbalis	N. splanchnicus minor
Trigonum sternocostale (Larrey)	Pars sternalis/costalis	A./V. epigastrica superior (aus thoracica interna)

An Bochdalekdreieck (dreieckiges Trigonum iucocostale am Nierenlager) und Larreyspalte (Trigonum sternocostale) liegen keine Muskeln vor.

Mamma

Bildet sich in der 7. Woche aus der thorakalen Milchleiste, aus deren 4. Drüsenanlage sich die Brustdrüsen entwickeln; bei mehr entwickelten Anlagen kommt es zu Polymastie (überzählige Brustdrüsen) oder Polythelie (überzählige Brustwarzen).

In der Pubertät bilden sich die Brustdrüsen unter Testosteroneinfluss bei ♂ zurück, bei ♀ bildet sich der Bindegewebskörper der Brust, der durch kollagene **Retinaculae** verschieblich auf der Fascia pectoralis (über M. pectoralis major) befestigt ist.

Die Drüse besteht aus 15-20 Lobi (in deren apokrinen alveolären Endstücken die Milch produziert wird) mit Ausführgang (Ductus lactifer) in eigenen Lappchen, die im **Sinus lactifer** der Brustwarze münden.

Die Milchproduktion wird in der Schwangerschaft durch die **Plazentahormone** Östrogen (Milchgangverzweigung) und Progesteron (Alveolenbildung) vorbereitet aber gehemmt, die Hemmung wird durch Prolaktin aus dem HVL im 8. Monat (und dem fallenden Spiegel mit Ausstoss der Plazenta) aufgehoben, es kommt zur Bildung von **Kolostrum** (Vormilch: Fettarm, Proteingehaltig, IgA). Die Milchejektion wird durch **Oxytocin** (Hypothalamus \rightarrow HHL) ermöglicht, das eine Kontraktion des Myoepithels auslöst.

Im Klimakterium bilden sich die Drüsen durch den fallenden Hormonspiegel zurück.

Die Innervation erfolgt durch die Nn. intercostales und Nn. supraclaviculares, die Versorgung durch A. thoracica interna rr. mammarii mediales und A. axillares → A. thoracica lateralis rr. mammarii laterales sowie Aa. intercostales.

Der Lymphabfluss (Mammakarzinomstreuung!) erfolgt überwiegend zu den **Nll. pectorales** → **Nll. axillares centrales** → **Nll. axillares apicales** der Axilla, sowie zu den sternalen Nll. parasternales.

Bauchmuskulatur

Die vordere Bauchwand ist aus 4 übereinanderliegenden Muskeln aufgebaut, die hintere Bauchwand aus dem M. quadratus lumborum. Die M. obliquus externus, M. internus und M. transversus überkreuzen einander oberhalb der Spina iliaca anterior superior, unterhalb verlaufen M. obliquus internus und M. transversus parallel. Die Sehnen der Bauchmuskeln bilden die den M. rectus abdominis umhüllende **Rektusscheide**, welche mit der medianen **Linea alba** (Aponeurosen von Mm. obliqui externus und M. internus mit Nabelring) fusioniert und unterhalb der **Linea arcuata** als Fascia transversalis endet.

Die Bauchwandmuskeln sind aussen von der Fascia abdominalis superficialis umhüllt, die fest mit der Linea alba und dem Lig. inguinale verbunden ist. Innen bedeckt sie die Fascia transversalis.

- **M. obliquus externus** (→ Nn. intercostales): Coxa 5-12 → Linea alba, Crista iliaca, Lig. inguinale; Seitneigung, Beckenhebung, der Unterrand bildet das **Lig. inguinale** mit Anulus inguinalis superficialis.
- **M. obliquus internus** (→ Nn. intercostales, N. iliohypogastricus, N. ilioinguinalis): Fascia thoracolumbalis, Crista/Spina iliaca, laterales Lig. inguinale → Linea alba, Coxa 9-12; Vorbeuger, Seitneiger, Bauchpresse.
 - M. cremaster (→ N. genitofemoralis): Aus M. obliquus externus/internus → Hoden; Hodenheber.
- **M. transversus** (→ Nn. intercostales, N. iliohypogastricus, N. ilioinguinalis): Coxa 7-12, Fascia thoracolumbalis, laterales Lig. inguinale → hintere und vordere Rektusscheide; **Bauchpresse** (Wandeinzieher).
- **M. rectus** (→ Nn. intercostales): Coxa 5-7, Proc. xiphoideus → Symphyse, Tuberculum pubicum; Verspannung, Bauchpresse, Lage *in* der Rektusscheide.
- M. pyramidalis (→ N. subcostalis): Symphyse, Crista pubica → Linea alba; rudimentärer Spanner der Linea alba *in* der Rektusscheide.
- **M. quadratus lumborum** (→ N. subcostalis, Plexus lumbalis): Crista iliaca, Lig. iliolumbale → Coxa 12, Proc. costalis L₁-L₄; Seitneigung, Exspiration.

An der Innenseite ist das Peritoneum zu 5 Peritonealfalten aufgeworfen:

- **Plica umbilicalis mediana**: Harnblase → Nabel, enthält den Urachus (Allantoisrest mit Lig. umbilicale medianum).
- **Plicae umbilicales mediales**: Enthält die nach der Geburt verödete A. umbilicalis (Lig. umbilicale mediale).
- **Plicae umbilicales laterales**: Enthält A./V. epigastrica inferior.

An muskelschwachen Stellen kann es zu Hernien (Peritoneumausstülpungen) kommen, dazu gehören Nabelpforte (Umbilicalhernie), die Canales inguinales (Leistenhernie) sowie die Linea alba (epigastrische Hernie).

Becken (Pelvis)

Das Becken wird aus Os sacrum und den Ossa coxae (Hüftbeine) gebildet und verbindet die Wirbelsäule mit den Femuren. Der Knochenring wird durch die **Symphyse** (Schambeinfuge, Synchondrose mit Discus interpubicus) und die beiden **Articulationes sacroiliacae** (echtes Gelenk mit Spalt) zur Verankerung der Wirbelsäule geschlossen. Die Articulationes werden durch Bänder (insb. Lig. iliolumbale, Os ilium → L₄-L₅ und Lig. sacrospinale, Os sacrum, Os coccygis → Spina ischiadica) gehemmt.

Der kürzeste Abstand Symphyse – Promontorium (S₂) wird als **Conjugata vera** bezeichnet und beträgt 11cm, dies ist die Engstelle des Beckenkanals (**Canalis pelvis** = kleines Becken) und ist für die Geburt entscheidend. Er wird durch Messung der **Conjugata diagonalis** -1.5cm bestimmt.

Durch Messung des Schambeinbogens/winkels (**Arcus pubis** / **Angulus subpubicus**) lässt sich am Skelett das Geschlecht bestimmen (♀: 90-100°, ♂: 75°).

Kleinbeckenöffnungen

- **Canalis obturatorius**: Von der Membrana obturatoria freigelassene Lücke durch die N./A./V. obturatorius treten.
- **Foramen ischiadicum majus**: Zwischen Incisura ischiadica *major* und Lig. sacrotuberale/spinale, wird durch den hindurchziehenden M. piriformis unterteilt in:
 - Foramen suprapiriforme: N. gluteus superior, A./V. glutea superior.
 - Foramen infrapiriforme: N. ischiadicus, N. pudendus, N. gluteus inferior, N. cutaneus femoris posterior, A./V. pudenda interna, A./V. glutea inferior.
- **Foramen ischiadicum minus**: Zwischen Incisura ischiadica *minor* und Lig. sacrotuberale/spinale; M. obturator internus, N. pudendus, A./V. pudenda interna.

Beckenboden

Verschluss des Beckenausgangs durch 2 Muskelplatten/Faszien:

Kraniales **Diaphragma pelvis** (Verschluss des Beckenausgangs, → Plexus sacralis)

- **M. levator ani**: Os pubis → Os coccygeus, aus 4 Teilen (M. puborectalis, M. pubococcygeus, M. pubovaginalis ♀/ M. levator prostatae ♂, M. iliococcygeus), verschliesst den Beckenausgang.

- **M. coccygeus:** Spina ischiadica, Lig. sacrospinale → Os sacrum, Os coccygis; rudimentär, Verschluss des Beckenausgangs.

Kaudales **Diaphragma urogenitale** (willkürlicher Verschluss der Urethra)

- **M. transversus perinei profundus** (→ N. pudendus): Symphyse → Tuber ischiadicum; *willkürlicher* Urethraschliesser.
 - M. transversus perinei superficialis → Centrum tendineum perinei.
 - Pars membranacea (M. sphincter urethrae), umgibt die Urethra; *willkürlicher* Verschluss..
- **Centrum tendineum perinei:** Mit Bindegewebe gefüllter Levatorspalt, Sehnenverbindung der Beckenbodenmuskeln.
- **Gll. bulbourethrales** (♂, Cowperdrüsen) / **Gll. vestibulares majores** (♀, Bartholindrüsen).

Weitere Beckenbodenmuskeln unterhalb des Diaphragma urogenitale (→ N. pudendus)

- **M. sphincter ani externus:** Centrum tendineum perinei → Lig. anococcygeum (um distales Rektum); *willkürlicher* Verschluss des Anus.
 - **M. bulbospongiosus** → Corpus cavernosum (clitoridis/penis), Orgasmus, bei ♂ auch Miktion.
- **M. ischiocavernosus:** Ramus ossis ischii → Tunica albuginea; umhüllt Corpus cavernosum clitoridis/penis.

Regio (getrennt durch Peritoneum und Muskulatur)

- **Cavitas peritonealis:** Colon sigmoideum, Ileum; ♀: Uterus, Ovarien, Tuba; ♂: Excavatio rectovesicalis
 - **Douglas-Raum** (Excavatio rectouteria, ♀): Tiefster Punkt der Peritonealhöhle (Eiteransammlung!).
- **Spatium extraperitoneale:** Harnblase mit Urethra, A./V. iliaca interna, A./V. obturatoria, Plexus sacralis, N. obturatorius, Plexus hypogastricus, Prostata, Vagina/Uterus.

Brusteingeweide

Herz

Entwicklung

In der 3. Woche bilden sich **2 primitive Herzschläuche**, deren umgebendes Mesoderm später zu Myo- und Epikard differenziert. Sie verschmelzen zum unpaarigen Herzschlauch, der in die Perikardhöhle einwandert, sich S-förmig faltet (Herzschleife) und mit der primitiven Differenzierung beginnt. Ab 22d beginnen erste Kontraktionen, die ab 28d mit der Blutförderung aus dem **Sinus venosus** (Sinushörner aus Vv. umbilicales, Vv. vitellinae, Vv. cardinales).

Aus den Sinushörnern bilden sich Sinus coronarius (L) und V. cava superior/inferior (R), aus den stimulierenden Wandzellen der Sinus- und AV-Knoten. In der 5. Woche unterteilt das sich später um 180° drehende **Septum aortico-pulmonale** den Bulbus cordis in rechten Ventrikel, Aorta und Truncus pulmonalis; der linke Ventrikel bildet sich aus der primitiven Kammer. Aus Endothelwülsten von Aorta und Truncus pulmonalis bilden sich die Taschenklappen.

Aus der Wand des AV-Kanals wachsen Endokardkissen hervor, welche verschmelzen und zu den Trennwänden differenzieren. Die Vorhoftrennwände werden von **Septum primum** mit Foramen primum/secundum (Kurzschluss im fetalen Kreislauf) und **Septum secundum** mit **Foramen ovale** (bleibt bei 25% offen) gebildet; die Septen werden bei der Geburt durch den erhöhten Druck im linken Atrium (Lungenatmung) verschlossen. Die Kammerscheidewand (**Septum interventriculare**) bildet sich in der 6. Woche, das Foramen interventriculare schliesst sich in der 8. Woche (bleibt bei 12% offen). Der Herzabstieg vom Hals in den Brustraum beginnt in der 7. Woche.

Die bekannteste Fehlentwicklung ist die **Fallot-Tetralogie** mit offenem Foramen interventriculare, Pulmonalstenose, rechtshypertrophie und rechtsverlagerter Aorta.

Aus dem **Truncus arteriosus** → ventrale Aorta ziehen je 6 Schlundbogenarterien zur paarigen dorsalen Aorta; aus dem 3. Bogen geht die **Karotis interna/externa** hervor, aus dem 4. der **Aortenbogen**, der 5. bildet sich zu **Rudimenten** zurück und der 6. bildet den Truncus pulmonalis der Lunge mit Ductus arteriosus botalli (KARL). Der **Ductus arteriosus botalli** dient als Lungenumgehung vor der Geburt, danach obliteriert er zum **Lig. arteriosum** (engt die Aorta als Isthmus aortae ein).

Gliederung

- Grösse: 13x10cm.
- Gewicht: 250-300g.
- Volumen: 500-900ml, Schlagvolumen 70ml (davon 40% Reservevolumen)
- Herzzeitvolumen (f x V): 5l (in Ruhe) - 35l (bei Belastung).

Die Herzachse verläuft von hinten-oben-rechts (**Basis**, v.a. linkes Atrium) nach vorne-unten-links (**Apex**, v.a. linker Ventrikel) im 45°-Winkel, die **Vorderwand** wird v.a. vom linken Ventrikel gebildet. Das Herz ist nur über das Perikard (Herzbeutel) mit dem Centrum tendinosum des Zwerchfells verwachsen.

Die Vorhöfe werden durch das **Septum intraatriale** (mit **Fossa ovalis**, ehemaliges Foramen ovale) getrennt, die Kammern durch das Septum interventriculare (mit Pars muscularis und Pars membranacea mit den Klappen), das Septum atrioventriculare mit den Segelklappen trennt Vorhöfe und Kammern. Die von den Vorhöfen ausgehenden Ausstülpungen werden Auricula dextra/sinistra genannt.

- **Atrium dexter** (rechter Vorhof): Pumpt O₂-armes Blut aus V. cava superior/inferior durch die **Trikuspidalklappe** (3 Segel) in den rechten Ventrikel. Die AV-Klappen sind Segelklappen.

- **Ventriculus dexter** (rechte Kammer): Pumpt O₂-armes Blut durch die **Pulmonalklappe** in den *Truncus pulmonalis* → *Aa. pulmonales dextra/sinistra*.
- **Atrium sinistrum** (linker Vorhof): Pumpt O₂-reiches Blut aus *Vv. pulmonales superiores/inferiores* durch die **Mitralklappe** (2 Segel) in den linken Ventrikel.
- **Ventriculus sinister** (linke Kammer): Pumpt O₂-reiches Blut durch die **Aortenklappe** in die *Aorta ascendens*.

Im rechten Vorhof sind Reste der embryonalen Versorgung zu finden (Valvula v. cava inferioris eustachii, Valvula sinus coronarii thebesii) sowie den **Mm. pectinati** (auch links).

In den Ventrikeln kommen Muskelbälkchen (**Trabeculae carneae**) und **Mm. papillares** (rechts 3, links 2) vor, die über **Chordae tendineae** mit den A/V-Klappen verbunden sind (Rückschlagventil).

Die Herzgefäße verlaufen in:

- **Sulcus coronarius** zwischen A/V mit *Aa. coronarie dextra/sinistra*, *R. circumflexus*, *Sinus coronarius*.
- **Sulcus interventricularis anterior/posterior** zwischen den Herzkammern (vorne und hinten) mit *A. coronaria sinistra/dextra*.

Bei den ausgeglichenen **Versorgungstyp** werden linker Vorhof, linke Kammer und vordere/mittlere Kammerscheidewand von der *A. coronaria sinistra* (Ausfall → **Vorderseitenwandinfarkt**); rechter Vorhof, rechte Kammer, Sinusknoten, AV-Knoten und hintere Kammerscheidewand von der *A. coronaria dextra* versorgt (Ausfall → **Hinterwandinfarkt**).

Die mit den Arterien verlaufenden Venen vereinigen sich zum in den rechten Vorhof mündenden **Sinus coronarius**.

Herzklappen

Die 4 Herzklappen liegen als Endokarduplikaturen (ohne Gefäße) in der Ventilebene an der A/V-Grenze (Sulcus coronarius), bei der Ventrikelkontraktion wird die Ebene zur Spitze verlagert, wodurch ein geringerer Druck in den Atrien entsteht der Blut ansaugt.

- **Segelklappen** (Pulmonal-, Aortenklappe): Entspringen dem **Anulus fibrosus** und sind an den Mm. papillares befestigt. Dichten die Ventrikel in der Systole ab.
- **Taschenklappen** (A/V-Klappen): Aus je 3 halbmondförmigen Taschen (Valvulae semilunares mit gleichnamigem Sinus), mit der Herzwand *ohne* Muskeln verwachsen. Aus den Sinus gehen die *A. coronaria dextra/sinistra* hervor. Verhindern den Rückstrom in der Diastole.

Der Anulus fibrosus dexter/sinister bildet das Herzskelett und besteht aus kollagenem Bindegewebe., zum Herzskelett gehören ausserdem Trigonum fibrosum und Pars membranacea.

Wandbau

- **Endokard**: Seröse innere Schicht des Herzens *ohne* Gefäße.
 - Endothel, einschichtiges Plattenepithel, aus dessen Duplikatur die Herzklappen hervorgehen.
 - Stratum subendotheliale, Bindegewebe.
 - Stratum myoelasticum, Bindegewebe und glatte Muskulatur.
- **Myokard**: Dreischichtige Muskulatur (→ Unterstützungskontraktion) des Herzens (Innere Längs-, mittlere Ring- und äußere Schrägmuskelstränge). Herzmuskelzellen unterscheiden sich durch "Glanzstreifen" (vgl. Z-Streifen) von der Skelettmuskulatur und besitzen gap-junctions zur Erregungsleitung; jede Zelle hat ihre eigene Kapillare!
- **Epikard**: Bindegewebiger innerer Herzbeutel, der dem Schutz und der Gleitbewegung des Herzes dient.

Myokardzellen können nicht nachgebildet werden, sondern nur hypertrophieren; bei zu massiver Hypertrophie können die Zellen nicht mehr adäquat versorgt werden, es kommt zur **Herzinsuffizienz**.

Der äussere Herzbeutel (**Perikard**) besteht Pericardium fibrosum (Kollagenfasern, mit Centrum tendineum verwachsen) und Pericardium serosum (=Epikard), jeweils aus parietalem und viszeralem Blatt. Die Umschlagfalten des Herzbeutels sind Porta arteriosa (an Aorta) und Porta venosa (an V. cava superior/inferior), die Innervation erfolgt über N. phrenikus und N. vagus sympathisch.

Innervation

Die Innervation geht von den Schrittmacherzentren des Herzens selber aus und wird durch das vegetative Nervensystem nur moduliert. Die Schrittmacherzentren werden von spezialisierten Myokardzellen gebildet, die Erregung verläuft kaskadiert über Sinusknoten → AV-Knoten → His-Bündel → Kammerschenkel/Purkinjefasern.

- **Sinusknoten**: Primärer Schrittmacher neben der V. cava superior im rechten Atrium, die Eigenfrequenz von 100/min wird durch die parasymphatischen **Rr. cardiaci** auf 60-80/min heruntergeregelt und von sympathischen Nn. cardiaci moduliert. Die Überleitung zum AV-Knoten erfolgt im Trigonum fibrosum.
- **AV-Knoten**: In der Vorhofscheidewand, leitet das Potential zum His-Bündel mit einer Verzögerung von **0.1s** weiter. Bei Ausfall des Sinusknotens übernimmt der AV-Knoten mit einer Eigenfrequenz von 40/min.
- **His-Bündel** (Tr. fasciculi atrioventricularis): Überleitung zum Kammermyokard.
- **Kammerschenkel/Purkinjefasern**: Crus dextrum und Crus sinistrum des His-Bündels, die Ausläufer werden Purkinjefasern genannt.

Die vegetative Anpassung an die Belastung erfolgt über den **Plexus cardiacus** (→ Rr. und Nn. cardiaci) am Aortenbogen, die Rr. cardiaci wirken parasymphatisch negativ ino-, dromo- und chronotrop, die sympathischen Nn. cardiaci vice versa (ausserdem afferent!).

Trachea und Lunge

Entwicklung

Die unteren Atemwege bilden sich ab 3. Woche aus dem ventralen Vorderdarm, aus einer entodermalen Rinne werden durch das **Septum oesophagotracheale** Larynx und Trachea abgeteilt, der untere Teil teilt sich und bildet 2 **Lungenknospen** (L: 2 Tochterknospen, R: 3 Tochterknospen → Hauptbronchien). Die Lungenknospen teilen sich ab der 24. Woche in die beiden Bronchioli respiratorii, die Bronchioli terminalis mit Alveolen werden am Ende des 4. Monats gebildet (Lebensfähigkeit Frühgeborener!).

Trachea (Luftröhre)

10-12cm lange Verbindung des Larynx (Höhe C₆-C₇) mit den Bronchien (Bifurcatio in Höhe T₄-T₅) entlang der Wirbelsäule (hinter Schilddrüse, Thymus und Aortenbogen; vor Oesophagus), bei Neugeborenen liegt sie noch weiter kranial. Aufbau aus 16-20 durch **Ligg. anularia** verbundenen Knorpelspangen (**Cartilages tracheales**), die Hinterwand (Pariet membranaceus) wird vom **M. trachealis** verschlossen, welcher die Trachea verengen kann.

An der Bifurcatio (Übergang zur Lunge) teilt ein Sporn (**Carina tracheae**) die Trachea in den steilen rechten und den bogenförmigen linken Hauptbronchus auf.

Histologisch besteht die Wand aus 3 Schichten:

- **Tunica mucosa:** Schleimhaut mit Lamina epithelialis (respiratorisches Epithel) und Tunica propria mit Gll. tracheales.
- **Tunica fibromusculocartilaginea:** Hyaline Knorpelspangen und Ligg. anularia.
- **Tunica adventitia:** Bindegewebliche Verbindung mit dem Ösophagus.

Lunge

Die weichen Lungen haben keine Eigenform sondern füllen den freien Raum im Brustkorb aus und werden von Pleura visceralis und Pleura parietalis umhüllt. Das Gesamtvolumen beträgt ~2l, wobei der linke Lungenflügel durch das Herz kleiner als der rechte ist (der dafür von der Leber nach oben gedrückt wird).

Die 3 Aussenflächen sind Facies diaphragmatica (Magen, Milz, Leber), Facies costalis und Facies medialis (Herz, Oesophagus; enthält den Lungenhilus); die Spitze (Apex pulmonis) ragt in den Halsbereich (C₇) hinein und wird vom Mm. scaleni überspannt.

Die Luftwege, Gefäße (A. pulmonalis, Aorta thoracica, Vv. pulmonales, Lymphgefäße) und Nerven treten nur im **Hilum** als **Radix pulmonis** aus und ein, von dort aus zieht auch das die Pleurae verbindende **Lig. pulmonale** zum Zwerchfell.

Die Lunge wird durch Fissuren in **Lappen** unterteilt, die linke Lunge besteht aus 2 (mit Fissura obliqua), die rechte aus 3 Lappen (mit Fissura horizontalis / obliqua). Sie können weiter in **Segmente** (links 9, rechts 10) unterteilt werden in deren durch Septen getrennten Lobuli die **Azini** (respiratorische Einheit, die in einem Bronchiolus terminalis mündet) sitzen.

Jedes Segment bildet mit eigenem Segmentbronchus und A. pulmonaris-ast eine selbstständige **bronchoarterielle Einheit**, Die Vv. pulmonales verlaufen hingegen *zwischen* den Segmenten!

Die Lungenwand gliedert sich wie die Trachea in 3 Schichten:

- **Tunica mucosa:**
 - Lamina epithelialis: Mehrreihiges respiratorisches Flimmerepithel mit Kinozilien, Mikrovilli (z.T. sensorisch), schleimbildenden Becherzellen, sekretorischen **Clara-Zellen** (Surfactant-Proteolyse) und endokrinen Zellen (Serotonin, Bombesin).
 - Lamina propria: Elastische Fasern, welche die Bronchioli offen halten.
- **Tunica fibromusculocartilaginea:** Bis zu den Lappenbronchien mit Knorpelspangen, danach glatte Muskulatur (Tunica muscularis).
- **Tunica adventitia:** Bindegewebe durch das Gefäße und Nerven verlaufen.

Abschnitt	Epithel	Nicht-Epithel	Besonderheiten
Hauptbronchus (Bronchus principalis)	Mehrreihiges Flimmerepithel mit Kinozilien und Becherzellen	Knorpelspangen, Gll. bronchiales	rechts kürzer, steiler (Aspirationsgefahr!) und weiter.
Lappenbronchien (Bronchi lobares)	Mehrreihiges Flimmerepithel mit Kinozilien und Becherzellen	Knorpelplättchen, glatte Muskulatur, Gll. bronchiales	2 links, 3 rechts
Segmentbronchien	Mehrreihiges Flimmerepithel mit Kinozilien und Becherzellen	Knorpelplättchen, glatte Muskulatur, Gll. bronchiales	9 links, 10 rechts
Bronchus lobularis (Bronchiolus)	Einschichtiges Flimmerepithel	Tunica muscularis (Gitter)	Keine Drüsen mehr
Bronchioli terminales	Einschichtiges Flimmerepithel, Clara-Zellen	Tunica muscularis (konzentrisch)	
Bronchioli respiratorii I-III	Einschichtiges kubisches Epithel	Tunica muscularis (Gitter)	Wenige Alveolen in den Wänden.
Ductus alveolares	Plattes Epithel	M. spiralis (konzentrisch)	

Von den Ductus alveolares gehen die **Alveolen** einzeln oder in Gruppen (**Sacculi alveolares**) ab, deren Wand (Septum interalveolare) durch elastischen und kollagenen Fasern sowie Kapillaren besteht. Sie sind mit einem Epithel aus 2 Zelltypen ausgekleidet, das ausserdem eingewanderte Alveolarmakrophagen enthält:

- **Pneumozyten I (Deckzellen):** Dienen dem Gasaustausch und werden aus Pneumozyten II gebildet.
- **Pneumozyten II (Nieschenzellen):** Sezernieren **Surfactant**, das die Oberflächenspannung herabsetzt (Atelektaseschutz).

Die Innervation erfolgt durch den **Plexus pulmonalis** aus N. vagus (X) und Grenzstrang, dessen Fasern zu den intrapulmonalen Plexus peribronchialis / intramuralis ziehen. Das Atemzentrum befindet sich in der Medulla oblongata. Die Versorgung erfolgt durch funktionelle Gefäße für die Sauerstoffanreicherung (**Vasa publica**: A. pulmonalis am Hauptbronchus, Vv. pulmonales an Segmentgrenzen) und ernährende Gefäße (**Vasa privata**: Aorta thoracica, Aa. intercostales → Rr. bronchiales).

Pleura

Die mit einer **Tunica serosa** (Reibungsminderung durch Flüssigkeit) ausgekleideten Pleurahöhlen entwickeln sich zusammen mit der Perikardhöhle und der Pleurahöhle aus dem embryonalen Zölom. Die Tunica serosa besteht aus 2 Blättern (die wiederum aus Lamina epithelialis = Mesothel und Lamina propria bestehen) die am Lig. pulmonale umschlagen und dem dazwischenliegenden Pleuraspalt.

Die **Pleura visceralis** (Lungenfell) überzieht die Lungen verschieblich, die äussere **Pleura parietalis** (Rippenfell) ist hingegen fest mit der Fascia endothoracica verbunden und überzieht als *Pleura pericardiaca* einen Teil des Perikards (Herzbeutel). Im Gegensatz zur Pleura visceralis kann sie aus der Lunge gezogenes Sekret resorbieren.

Der **Pleuraspalt** (Cavitas pleuralis) verbindet die beiden Pleurablätter durch Adhäsion fest aber verschieblich miteinander, durch die Gewebespannung herrscht ein Unterdruck (Donner-Druck) von **-3cm H₂O** (-6cm bei Inspiration), der notwendig ist damit die Lunge den Atembewegungen folgen kann.

Bei der Inspiration dehnen sich die Lungen in Taschen der Pleura parietalis (**Recessus pleurales**) und das Zwerchfell hin aus, wohingegen die Pleurakuppel durch die Membrana suprapleuralis fixiert ist.

Die Innervation der Pleura visceralis erfolgt durch den N. vagus → Plexus pulmonalis (kein Schmerz!), die der Pleura parietalis durch Nn. intercostales (Schmerz).

Ösophagus (Speiseröhre)

Gespanntes 25cm langes Muskelrohr (hinter der Trachea/Perikard und vor der Wirbelsäule) vom Pharynx (C₆-C₇) zur Kardie des Magens (T₁₀-T₁₁) mit Sphinkterverschluss von Ein- und Ausgang. Da die Tunica serosa (im Gegensatz zum Darm) *fehlt* können Erkrankungen relativ leicht ins Mediastinum durchbrechen. Er besteht aus 3 Teilen und 3 Engstellen

- **Ösophagusmund**: Enge von 14mm durch Ringmuskulatur.
- **Pars cervicalis** (8cm): Mund → oberes Sternum; quergestreifte Muskulatur, Entwicklung aus der Schlundtasche
- **Pars thoracica** (16cm): Übergangsstück zum Zwerchfell.
- **Aortenenge** (T₄): Aortenbogen und linker Hauptbronchus.
- **Zwerchfellenge**: Einschnürung durch Hiatus oesophageus, normalerweise **geschlossen**.
- **Pars abdominalis** (**Antrum cardiacum**, 0-4cm): Unterhalb des Zwerchfells; mündet über an der **Incisura cardiaca** (His-Winkel) über einen funktionellen Sphinkter in den Magen. Entwicklung von der Nabelschleife her.

Durch die Längsspannung (ungespannte Länge 10cm) kann die Nahrung durch Kontraktionswellen (Peristaltik) aktiv zum Magen befördert werden. Die Kontraktionen werden vom **N. vagus** stimuliert und vom **Sympathikus** gehemmt (Plexus oesophagealis). Die Versorgung erfolgt über diverse Gefäßäste, bei einer Pfortaderstauung kann es zu Oesophagusvarizen kommen.

Zwischen dem Oesophagus und der Trachea verlaufen die beiden N. laryngeus recurrens, der N. vagus zieht mit durch den Hiatus oesophageus.

Wandbau

- Tunica mucosa, normalerweise gefaltet (sternförmiges Lumen).
 - **Lamina epithelialis**: *Mehrschichtig* unverhorntes Plattenepithel, das direkt in das *einschichtige* Magenepithel übergeht.
 - Lamina propria: Bindegewebe.
 - **Lamina muscularis mucosae**: Spiralförmige Ringmuskulatur zur Schleimhutanpassung.
- **Tela submucosa**: Nerven, Gefäße und muköse Gll. oesophagae.
- **Tunica muscularis**: Innere Ringmuskel- und äussere Längsmuskelschicht. Im oberen Drittel noch **gestreift** aber *nicht* willkürlich erregbar, die unteren Drittel sind glatt.
- **Tunica adventitia/serosa**: Bindegewebige Verbindung zu den anderen Organen, z.T. mit Serosaüberzug.

Thymus

Aus der 3. Schlundtasche aus 2 Anlagen differenziertes lymphoepitheliales Organ im Mediastinum (Mitelfell zwischen den Lungen) hinter dem Sternum. Das Organ ist durch Septen in Läppchen gegliedert, zelluläres Merkmal sind die retikulären **Hasall-Körperchen** (Corpuscula thymica), deren Funktion unklar ist.

Es dient als primäres lymphatisches Organ des spezifischen Immunsystems (neben dem Knochenmark) der Entwicklung und Differenzierung von **T-Lymphozyten** (→ Thymopoietin), die vor allem in der dunklen Rinde vorkommen vor der Pubertät. Da überwiegend T-Lymphozyten vorliegen *fehlen* Lymphfollikel

Das *epitheliale* (keine Retikulinfasern!) Bindegewebe wird nach der Pubertät zu einem Fettkörper zurückgebildet.

Die Innervation erfolgt durch Äste des N. vagus (X) und Sympathikus, die Versorgung durch A. thoracica und V. brachiocephalica.

Gefäße

Verlauf der Aorta

- **Aorta ascendens:** Kommt als Bulbus aortae aus den Sinus aortae des Herzens, geht nach 6cm in den Arcus über
- **Arcus aortae** geht nach der Abgabe von *Truncus brachiocephalicus*, *A. carotis communis sinistra* und *A. subclavia sinistra* in die Aorta descendens über.
- Aorta descendens
- **Aorta thoracica:** Zieht an T₁₂ durch den Hiatus aorticus des Zwerchfells und gibt diverse Äste ab (Luftwege, Ösophagus, Mediastinum).
- **Aorta abdominalis:** Gibt die A. renalis ab und teilt sich an der Bifurcatio aorte in die A. iliaca communis → A. iliaca interna/externa.

Venen zum Herzen

- **V. cava superior**, geht aus **Vv. brachiocephalicae** in den Venenwinkeln und **V. azygos** hervor.
 - V. subclavia dextra/sinistra.
 - V. jugularis interna.
 - Ductus lymphaticus dexter(Ductus thoracicus).
 - Vv. thyroideae inferior/ima, untere Schilddrüse
 - V. vertebralis.
 - V. thoracica interna, bildet Anastomose mit V. cava inferior
- V. cava inferior.
- Sauerstoffreiche **Vv. pulmonales dextrae et sinistrae** aus dem **Truncus pulmonalis** des rechten Ventrikels.

Lymphgefäße

Die Lymphstämme gelangen über den mit der Cisterna chyli beginnenden Ductus thoracicus in den linken Venenwinkel oder den kleineren Ductus lymphaticus dexter (rechte obere Körperhälfte) in den rechten Venenwinkel.

Bauch- und Beckeneingeweide

Darmkanal

Entwicklung

In der 4. Woche bildet sich durch durch Abfaltung (Krümmung) der Keimscheibe des Embryo der primitive Darmkanal, es stülpen sich die Räume verschiedener Anlagen ein: vordere/hintere Darmbucht, Mundbucht und Afterbucht.

Aus dem Entoderm bilden sich Magen-Darm-Epithel, Pankreas und Leber; aus dem Mesoderm die Darmmuskulatur und viszerales Peritoneum.

Der **Vorderdarm** wird bis zum 24. Tag durch die Membrana buccopharyngea von der Darmbucht getrennt, aus ihm entwickeln sich über die **Schlundbögen** Pharynx, Oesophagus, untere Luftwege, Magen, Leber und Gallengänge.

Der **Mitteldarm** (Ductus choledochus → Papilla duodeni major) ist anfänglich durch den **Ductus omphaloentericus** (kann als Meckel-Divertikel erhalten bleiben, das zur Fistelung von Dünndarm und Nabel neigt) der Nabelschleife mit dem Dottersack verbunden, er bildet Jejunum, Ileum, Caecum, Appendix, Colon ascendens/transversum. Die Darmerschleifen in der Nabelschleife werden beim **physiologischen Nabelbruch** in der 6.-12. Woche um 270° gedreht in die Nabelschnur verlagert, wobei die Achse der M. mesenterica superior und die Verteilung der Darmteile entsteht.

Die Kloake des **Hinterdarms** wird vom **Septum urorectale** in Rektum und Sinus urogenitalis (→ Harnblase) geteilt und bildet Colon transversum und proximaler Analkanal.

Der primitive Darmkanal wird durch das mesodermale **Mesenterium ventrale** (bis V. umbilicalis) und **Mesenterium dorsale** (Oesophagus → Hinterdarm) mit der primären Leibeshöhle verbunden, es dient der Aufhängung und Versorgung (Gefäße) der Baueingeweide.

Aus dem Mesenterium ventrale entwickelt sich das *Omentum minus* (Lig. hepatoduodenale, Lig. hepatogastricum) der Bursa omentalis, aus dem Mesenterium dorsale das *Omentum majus* (an grosser Magenkrümmung und Colon transversum) und Dünndarmmesenterium.

Aus dem zusammengedrückten sekundären Dottersack entsteht das **primitive Darmrohr**, aus dem Verdauungstrakt, Trachea, Bronchien und Lunge hervorgehen.

Wandbau

Die Wand des Darmkanals von Oesophagus bis Rektum ist aus 5 Schichten aufgebaut, die in den einzelnen Abschnitten variieren:

- **Tunica mucosa**, Lumenauskleidende Schleimhaut
 - Lamina epithelialis mucosae: mehrschichtig (Oesophagus) → einschichtig hochprismatisch mit Drüsenzellen (ab Magen).
 - Lamina propria mucosae: Durch Basalmembran von der Epithelialis getrenntes Bindegewebe mit Abwehrzellen (Peyer-Plaques des Ileum).
 - Lamina muscularis mucosae: Spiralige glatte Muskelzellschicht der Motilität.
- **Tela submucosa:** Verschiebeschicht aus elastischen- und Kollagenfasern.
- **Tunica muscularis**, im oberen Oesophagus und Anus quergestreift, sonst glatt → **Peristaltik**.

- Stratum circulare mit Fibrae obliquae, innere Ringmuskelschicht.
- Stratum longitudinale, äussere Längsmuskelschicht.
- Tunica adventitia/subserosa, nur am extraperitonealen Oesophagus und Colon-, Duodenum- und Rektumteilen.
- **Tunica serosa = Peritoneum viscerale**
 - Lamina propria serosae: Elastische Fasern.
 - Lamina epithelialis serosae (Mesothel): Einschichtiges Plattenepithel.

Magen (intra-peritoneal)

Bildet sich in der 5. Woche aus dem Vorderdarm und dreht sich dabei mit seinen Vagusästen um 90° und ist durch die Mesenterien (**Lig. gastrosplenicum**, **Lig. splenorenale** und **Omentum majus**) befestigt.

Der Oesophagus mündet ohne eigenen Schliessmuskel am Ostium (T₁₁-T₁₂) in den **Pars cardiaca** (2cm), welcher von dem darüberliegenden **Fundus** (Magenkuppel mit Luftblase) durch die **Incisura cardiaca** getrennt wird.

Das Corpus gastricum ist durch die Curvatura major (Hauptsspeicherort) et minor (Magenstrasse) gekennzeichnet, es mündet an der **Incisura angularis** in den Pars pylorica. Der **Pars pylorica** leitet über den **M. sphincter pylori** (verdicktes Stratum circulare) in den Bulbus duodeni.

Die Curvatura major ist am Omentum majus (Lig. gastrosplenicum, Lig. gastrocolicum, Lig. gasterophrenicum), die Curvatura minor am Lig. hepatogastricum (Omentum minus) befestigt, von der Lunge ist der Magen nur durch das Zwerchfell getrennt.

Die Innervation erfolgt sympathisch (Truncus sympathicus → Nn. splanchnici → **Ganglion coeliacum**): Peristaltikhemmung, Vasokonstriktion und parasymphatisch durch die Nn. vagi (Truncus vagalis anterior/posterior): Peristaltikstimulation, HCl/Gastrin-Stimulation, Vasodilatation.

Die Gefäßversorgung erfolgt aus 2 **Arterienbögen** an Curvatura major (**A. gastromentalis** sinistra/dextra, Aa. gastricae brevis) und Curvatura minor (**A. gastrica** sinistra/dextra), die gleichnamigen Venenbögen verlaufen parallel. Der Lymphabfluss verläuft über Nll. coeliaci zum Ductus coeliacus.

Wandbau

Lamina epithelialis

Die Magenschleimhaut ist in Reservefalten (Plicae gastricae) längs der Curvatura minor gelegt, deren Oberfläche von den Magenfeldern (Areae gastricae) geildet wird. Die Tunica mucosa von Korpus und Fundus besitzt in den Magengrübchen (Foveolae) endende Gll. gastricae propriae:

- **Hauptzellen:** Pepsinogen/Kathepsin (→ Pepsin).
- **Nebenzellen:** HCO₃⁻, Epithelregeneration.
- **Belegzellen:** HCl (gegen HCO₃⁻ /Cl⁻ auf der Basalseite), Intrinsic factor.

In die tiefen Foveolae des Pylorus münden die **Gll. pyloricae**, die Schleim und **Somatostatin** (aus **D-Zellen**) abgeben, ausserden geben die **G-Zellen** (APUD) des Pylorusepithels **Gastrin** ab, welches die Gll. gastricae propriae stimuliert.

Der N. vagus stimuliert, der Sympathikus hemmt die Drüsensekretion.

Tunica muscularis (Dreischichtig!)

Die 3 Schichten der Tunicas muscularis gehen ineinander über und dient am Ostium des Oesophagus als funktioneller Sphinkter. Zwischen Stratum circulare und longitudinale verläuft der Plexus myentericus (**motorischer Auerbach-Plexus**)

- Stratum obliquum: Schräg verlaufende glatte Muskelfasern (*nur im Fundus und Korpus des Magens!*).
- Stratum circulare: Ringmuskelschicht.
- Stratum longitudinale: Längsmuskelschicht.

Die Tunica serosa umgibt den Magen aussen.

Duodenum

Im Duodenum befinden sich zur Oberflächenvergrösserung die hohen **Kerkring-Falten** (Plicae circulares), deren Anzahl sich zum Ileum hin stetig verringert. Sie tragen die **Darmzotten** (Villi intestinales) der Lamina propria mucosae. Die Zotten dienen der Resorption und besitzen ein eigenes Chylusgefäß, das die aufgenommenen Fettsäuren über den Lymphweg zur Leber transportiert.

Die zwischen den Zotten liegenden **Liberkühn-Krypten** (Gll. intestinales) mit Paneth-Körnerzellen (→ Lysozym, insb. in Ileum und Jejunum), Becherzellen (→ Schleim) und enterochromaffinen Zellen (→ Serotonin zur Kontraktion). In die Gll. intestinales münden (*nur im Duodenum*) die mukoiden **Brünner-Drüsen** (Gll. duodenales).

Die S-Zellen setzen **Sekretin** frei, das die Pepsin-, Galle- und Pankreassekretion stimuliert, A-Zellen bilden den Insulinantagonisten **Glukagon**, I-Zellen bilden **CCK** (→ Gallenblasenkontraktion) und K-Zellen produzieren **GIP** (Motilitätshemmung).

Das Darmepithel der resorbierenden Enterozyten (**Saumzellen**) ist von Mikrovilli mit einer Glykokalix überzogen, das **GALT** (Darmassoziiertes lymphatisches Gewebe) dient der Abwehr im Verdauungskanal.

Dünndarminnervation

- **Extrinsisches Nervensystem:** Parasympathische Fasern (N. vagus) → Plexus mesentericus superior → Stimulation des **Plexus myentericus (Auerbach)**; sympathische Fasern (Nn. splanchnici thoracici) → Plexus coeliacus → Hemmung des Plexus myentericus (Muskelschlaffung).
- **Intrinsisches Nervensystem:** Plexus yentericus / submucosus (Meissner).

Abschnitte

Nur der Pars superior liegt intraperitoneal, alle anderen sind **retroperitoneal** an der hinteren Bauchwand befestigt!

- Pars superior (5cm, L₁): Beginnt mit dem Bulbus duodeni, mündet über Flexura duodeni superior in den...
- Pars descendens: Enthält die Pailla duodeni major und geht an der Flexura duodeni inferior über in den...
- Pars horizontalis: An L₃ vor der Wirbelsäule nach links in den...
- Pars ascendens: Geht oberhalb des Nabels (L₂) in das **intraperitoneale** Jejunum über.

Der obere Teil wird von der A. hepatica communis → **A. gastrodoudenalis**, der untere Teil von der A. mesenterica superior → **Aa. pancreatoduodenales** versorgt; der venöse Abfluss verläuft über Vv. pancreatoduodenales → V. mesenterica superior.

Jejunum (1.2m) und Ileum (1.8m)

Die **intraperitonealen** Jejunum (Darmschlingen links oben) und Ileum (Darmschlingen rechts unten) gehen ohne Grenze ineinander über. Durch die intraperitoneale Lage sind sie im Gegensatz zum Duodenum an dem von der Radix mesenterii ausgehenden **Mesenterium** aufgehängt. Das Ileum mündet an der **Bauhin-Klappe** (Valva iliocaecalis in der Fossa iliaca dextra), die einen Rückfluss in den bakterienfreien Dünndarm verhindert.

Die Versorgung erfolgt über die Aa. Jejunales (Jejunum) und Aa. Ilei (Ileum) in Gefäßarkaden aus der A. mesenterica superior.

Die **Peyer-Plaques** (Lymphknötchen) werfen Domareale auf, deren Epithel **M-Zellen** (Endozytose) mit Mikrofalten enthält

Caecum (7cm) und Appendix (8-10cm)

Das Caecum liegt als kurzes Übergangsstück zum Kolon intraperitoneal auf dem M. iliacus. Distal mündet es in den rudimentären Appendix veriformis ein, dessen Lage stark variabel ist (i.d.R. retrocaecal). Der Appendix besitzt *keine* Zotten, aber **Folliculi lymphatici** (B- und T-Lymphozyten).

Zeichen für eine Appendizitis sind Schmerzen am **McBurney-Punkt** (Spina iliaca anterior superior ↔ Nabal) oder Lanz-Punkt (1/3 zwischen den Spinae iliaca anterioriores).

Die Versorgung erfolgt über A. mesenterica superior → A. ileocolica.

Kolon (1.1m)

Im Dickdarm werden Elektrolyte und Wasser resorbiert und durch Bakterien Proteine und Kohlehydrate gespalten.

- **Colon ascendens (retroperitoneal):** Mit der hinteren Bauchwand fest verwachsen.
- **Colon transversum (intraperitoneal):** Frei beweglich mit Tänien am Mesocolon transversum und Omentum amjux (Lig. gastrocolicum) aufgehängt
- **Colon descendens (retroperitoneal):** Mit der hinteren Bauchwand fest verwachsen.
- **Colon sigmoideum (intraperitoneal):** Frei beweglich mit Tänien am Mesocolon sigmoideum aufgehängt

Im Gegensatz zum Dünndarm besitzt das Kolon keine Falten oder Zotten, in den Krypten kommen Gll. Intestinales vor. Ausserdem kommen 3 am Appendix zusammenlaufende **Tänien** (Längsmuskelbänder) und schlaffe Aussackungen (**Haustren**) welche durch Einschnürung der Plicae semilunares coli aufgeworfen werden vor, an den Tänien befinden sich Fettläppchen (Appendices epiploicae).

Die Innervation erfolgt bis zum **Cannon-Böhn-Punkt** (Flexura coli sinistra) aus dem Plexus mesentericus superior, darunter aus dem Plexus mesentericus inferior und Nn. Splanchnici pelvici, wobei die parasympathischen Anteile die Peristaltik stimulieren.

Die Versorgung erfolgt aus Ästen der **A. mesenterica superior** (A. ileocolica, A. colica dextra/media; Caecum → Colon transversum) und **A. mesenterica inferior** (A. colica sinistra, A. sigmoideae, A. rectalis superior: Colon transversum → Rektum).

Rektum

Das Rektum beginnt mit der trichterförmigen Ampulla recti (10-12cm) und endet mit dem Analkanal (3-4cm), die konkave Flexura sacralis liegt **retroperitoneal**, die konvexe Flexura perinealis **extraperitoneal**. Die Kolontänien vereinen sich, Haustren fehlen.

In der Ampulla kommen 3 Querfalten (Plicae transversales recti) vor, die grösste davon wird **Kohlrausch-Falte** genannt und liegt in Höhe des Douglas-Raums; sie dienen als Verschluss bei Kontraktion der Ringmuskulatur (**rektoanaler Pylorus**).

Die **Linea anorectalis** in Höhe des M. puborectalis trennt Ampulla und Canalis rectalis, der Canalis analis zieht in der Flexura perinealis nach dorsal-kaudal und endet im Anus, wo an der **Linea anocutanea** (Linea alba) in Höhe des M. sphincter ani internus das unverhornte in Plattenepithel übergeht.

In den **Columnae analis** (→ innere Hämorrhoiden) der Zona columnaris liegen Venenpolster (Corpus cavernosum recti) das aus dem **Plexus haemorrhoidalis** der A. rectalis gespeist wird. In den dazwischenliegenden **Sinus anales** münden schleimproduzierende Proktorektaldrüsen.

Afterschliessermuskeln

- **M. sphincter ani internus:** Verdickung des Stratum circulare, wird **nicht willkürlich** vom Sympathikus innerviert.
- **M. sphincter ani externus:** Willkürlich (N. pudendus) kontrahierbarer Schliessmuskel.
- **M. puborectalis:** Vorderer **M. levator ani**, innerviert vom Plexus sacralis.

Der anorektale Reflex wird durch Dsehnungsrezeptoren in der Ampulla ausgelöst (Kontraktion des M. ani internus, Darmwandentspannung).

Die Innervation erfolgt sympathisch aus dem **Plexus hypogastricus** und parasymphatisch durch die **Nn. pelvici splanchnici**. Die Versorgung erfolgt über A. mesenterica superior → **A. rectalis superior** (oberer Teil), A. iliaca interna → A. rectalis media (mittlerer Teil) und A. pudenda interna → A. rectalis inferior und venös über Plexus venosus rectalis → Vv. rectales superiores/mediae/inferiores. Die Lymphgefäße ziehen zu den Nll. mesenterici inferiores, Nll. iliaci interni und den Nll. inguinales superficiales.

Leber (1.5-2kg, intraperitoneal)

Bildung aus der Leberknospe, die sich in der 3. Woche aus dem Vorderdarm in das **Septum transversum** (→ Leber-Bindegewebe, Kupffer-Sternzellen, Blutbildung) stülpt, wobei die Stile zum Ductus hepaticus communis und Ductus cysticus im Lig. hepatoduodenale werden und als **Ductus choledochus** in die Papilla duodeni major münden; ausserdem entwickelt sich aus der Leberknospe der ventrale Pankreas. Die Leber von Säuglingen ist relativ grösser als die adulte.

In der Leber werden Proteine (→ AS, NH₃ → Harnstoff), Kohlenhydrate (→ Glykogen) und Fettsäuren die im Darm resorbiert wurden verarbeitet, daneben wird Vitamin B₁₂ (Kobalamin → Folsäuresynthese) gespeichert, Galle produziert und entgiftet.

Die konvexe Oberfläche (**Facies diaphragmatica**) ist an der Area nuda mit dem Zwerchfell verwachsen (kein Peritoneum!), darüber läuft im Sulcus v. cavae die V. cava inferior. Am **Lig. coronarium** (mit den Schenkeln Lig. triangulare dextrum/sinistrum) schlägt das parietale Peritoneum in das viszerale Leberblatt um, es endet im **Lig. falciforme hepatis** (Befestigung an der vorderen Bauchwand). Das Herz liegt in der Impressario cardiaca an.

Die konkave Unterfläche (**Facies visceralis**) wird durch Furchen H-förmig unterteilt, in der Mitte liegt die **Porta hepatis**, (Hilum) von der aus die Fissura lig. venosi (Fetal mit obliterierendem Ductus venosus) zum Sulcus v. cavae zieht; in der Fissura lig. teretis verläuft das **Lig. teres hepatis** (obliterierte V. umbilicalis). Die Gallenblase liegt in der **Fossa vesicae felleae**. Im Lig. hepatoduodenale verlaufen A. hepatica propria, V. portae und Ductus choledochus, es bildet mit dem Lig. hepatogastricum das **Omentum minus**.

Die Leber wird makroskopisch in den grösseren Lobus dexter (mit innerem Lobus quadratus und caudatus) und Lobus sinister geteilt (Lig. faciforme, Lig. teres). Die Gefäße (A. hepatica propria und V. portae, Ductus hepaticus) teilen die Leber in **Segmente**, die *nicht* durch Bindegewebssepten getrennt sind.

Mikroskopisch ist die Leber vom Peritoneum viscerale überzogen unter dem die **Tunica fibrosa** (Glisson-Kapsel) liegt, welche die Leberkapsel bildet, von der aus die Capsula fibrosa perivascularis in die Leber zieht und sie in kleine Läppchen unterteilt, wobei sich das Bindegewebe auf die Periportalfelder beschränkt. Die **Periportalfelder** bilden sich an der Grenze mehrerer Läppchen und enthalten in der Bindegewebssoalte die **Glisson-Trias** (A./V. und Ductus interlobulares).

- Hepatozyten: 1 oder 2 Kerne, viele Crista-Mitochondrien, Lysosomen und Peroxisomen, Regenerationsfähig (Lebensdauer 150-180d), sezernieren Galle.
- Lebersinuse: Leiten das Blut von der V. portae zur V. centralis, Wand aus fenestrierten Endothel-, Kupffer-Stern- und Itazellen (Fett- und Vitamin-A Speicher).
- Kupffer-Sternzellen: Monozyten des RES aus dem Knochenmark, Phagozytose von Bakterien und Detritus.
- Disse-Raum: Zwischen Sinusidwand und Hepatozyten für Stoffaustausch.
- Gallenkapillaren (Canaliculi biliares): Kapillaren zwischen Hepatozyten ohne Gefäßwand/Basalmembran, Abdichtung durch Zonulae occludentes (Schlusleiste), leiten die Galle über Herringer-Kanälchen in die Ductuli interlobulares der Peripherie.

Gallenblase

In der Leber wird 1l Galle/d (aus Gallensäuren, Bilirubin, Cholesterol) gebildet, sie gelangt über Ductus hepaticus dexter/sinister → Ductus hepaticus communis → Gallenblase/Ductus cysticus → Ductus choledochus zusammen mit dem Ductus pancreaticus in die Papilla duodeni major mit dem M. sphincter ampullae hepatopancreaticae und Sphincter oddi.

Ist der Sphincter verschlossen staut sich die Galle und wird in der Gallenblase konzentriert und gespeichert, von dort kann sie durch **CCK** (Duodenalschleimhaut) oder **Acetylcholin** (N. vagus) freigesetzt werden. Durch die Plica spiralis im Ductus cysticus kann die Freisetzung reguliert werden.

Die Tunica mucosa besitzt ein einschichtig hochprismatisches Epithel mit Mikrovilli aber keine Lamina muscularis mucosae oder Tela submucosa; die Tunica muscularis verläuft gitterartig, die nicht mitt der Leber verwachsenen Bereich sind von der Tunica serosa bedeckt.

Die Gallenblase ist an ihrem Korpus mit dem Lobus quadratus/dexter der Leber verwachsen. Die Innervation erfolgt durch Plexus coeliacus → Plexus hepaticus, die Versorgung durch A. hepatica propria → A. cystica.

Pankreas (sekundär retroperitoneal)

Entwicklung in der 5.-8. Woche aus einer ventralen (mit der Leber) und einer dorsalen Vorderdarmknospe (Körper und Schwanz) die nach der Darmdrehung verschmelzen. Während der ventrale Ausführgang zum Ductus pancreaticus accessorius (in Ductus choledochus) obliteriert, dient der dorsale Ductus pancreaticus als gemeinsamer Ausführgang beider Anteile der ebenfalls in der Papilla duodeni major mündet. Die insulinproduzierenden Langerhans-Inseln bilden sich ab der 20. Woche aus dem Epithel der Ausführgänge.

Exokrines Pankreas (98%) → Verdauung

Bildet 1-2l/d HCO_3^- reiches Sekret mit Proenzymen (**Trypsinogen, Lipase, Amylase**) die erst im Duodenum aktiviert werden. Die Sekretion wird durch den **N. vagus, Sekretin** (Duodenum → $\text{HCO}_3^- \uparrow$), **CCK** (Duodenum → Enzyme \uparrow) und **Gastrin** (Magen) gefördert. Die Proenzyme werden in Azini mit langen eingestülpten Schalt- und fehlenden Streifenstücken (Unterschied zur Gl. parotis!) gebildet

Kopf (mit Proc uncinatus) und Schwanz (mit Tuber omentale) gehen ohne Grenze ineinander über und verlaufen hinter der Bursa omentalis.

Der Ductus pancreaticus mündet mit dem Ductus cysticus und hepatis communis in der Papilla duodeni major, ein in die Papilla duodeni minor mündender Ductus pancreaticus accessorius santorini ist nur manchmal ausgeprägt.

Die Innervation erfolgt durch Plexus coeliacus → **Nn. splanchnici** und rechter **N. vagus**, die Versorgung des Kopfes durch A. hepatica communis → Aa. supraduodenales superior/ A. pancreaticoduodenalis superior und A. mesenterica superior → Aa. pancreaticoduodenales inferior; der Körper durch A. splenica → A. pancreatica dorsalis und Schwanz aus A. splenica → A. pancreatica magna.

Endokrines Pankreas (Inselorgan, 2%) → Insulin ↔ Glukagon, Somatostatin

Die im exokrinen Pankreas verteilten strangförmigen Langerhans-Inseln bilden in ihren APUD-Zellen verschiedenen Hormone:

- **A-Zellen (Glukagon)**: Stimulation der Glykogenolyse (Insulinantagonist) → BZ \uparrow .
- **B-Zellen (Insulin)**: Wird als Zn-Komplex in β -Granula gespeichert; Glykogenbildung \uparrow → BZ \downarrow .
- **D-Zellen (Somatostatin)**: Hemmt über den Hypothalamus die Insulin- und Glukagonsekretion.
- **PP-Zellen (Polypeptid)**: Sekretin-Antagonist (Pankreas-Sekretionshemmer: Magensäure \uparrow , $\text{HCO}_3^- \downarrow$).

Die Innervation erfolgt durch den Sympathikus (Insulin \downarrow , Glukagon \uparrow) und N. vagus.

Milz (intraoperitoneal)

Entwicklung in der 5. Woche aus dem Mesentericum dorsale, es wird durch Lig. phrenicosplenum und Lig. gastrosplenicum besfestigt. Sie liegt in der Milznische hinter der linken Coxa 9-11 und dem Magenfundus.

Sie dient der Befreiung des Blutes von Antigenen und alten Erythrozyten (Blutmauser in der roten Pulpa), der Bildung von B-Lymphozyten in der weissen Pulpa, der Speicherung von Thrombozyten und der fetalen Erythrozytenbildung.

Die konvexe Facies diaphragmatica liegt unter der Zwerchfellkuppel, die konvexe Facies visceralis grenzt an Magen, Kolon und linke Niere und enthält den Milzhilus (als einziger Anteil extraperitoneal!).

Die Befestigung erfolgt durch Lig. gastrosplenicum (Omentum majus) und Lig. splenorenale (mit **A./V. splenica** zum Hilus).

Die Innervation erfolgt durch das **Ganglion coeliacum** ohne parasymphatischen Anteil.

Die Tunica fibrosa (Milzkapsel) ist vom Peritoneum (Tunica seosa) umhüllt, vom Hilus aus ziehen **Trabekel** mit **Balkenarterien** in das Stroma das sich in 2 Anteile gliedert:

- **Rote Pulpa**: Milzsinus in **retikulärem Bindegewebe** (Pulpastränge), die alten Erythrozyten verfangen sich in den Retikulumsträngen und werden phagozytiert.
- **Weisse Pulpa**: Milzfollikel (**Malpighi-Körperchen** mit zentralem Keimzentrum aus B-Lymphozyten) und Pulpaarterien mit Lymphscheiden aus T-Lymphozyten.

Blutverlauf: Balkenarterien → Pulpaarterien mit Lymphscheiden → Zentralarterien in Follikeln → Pinselarteriolen → Kapillaren mit Schweigger-Seidel-Hülsen aus Phagozyten → Retikulum → Milzsinus → Pulpaavenen → Balkenvenen → V. splenica.

Nieren (Retroperitoneal)

- Zu den Retroperitonealorganen zwischen Peritoneum und hinterer Bauchwand gehören *Nieren, Nebennieren* und *Ureter*.

Entwicklung in der 3. Woche aus dem intermediärem Mesoderm in 3 Anlagen: *Vorniere* (Rückbildung in 5. Woche), *Urnieren* (Rückbildung im 2. Monat, nur der **Wolff-Urnierenausführgang** bleibt als Ductus deferens erhalten) und *Nachniere*.

Die Nachniere bildet sich in der 5. Woche aus der **Ureterknospe** des Wolff-Gangs und differenziert zu Nierenbecken, Nierenkelche, Papillengänge, Sammelrohre und Ureter. Aus dem der aufliegenden „metanephrogenem Blastem“ (Mesenchym) bilden sich die Nephronen (Glomerulus, Kanälchen – *nicht* Sammelrohr). Bei ihrem Ascensus gelangen die Nierenanlagen aus dem Sakral- in den Oberbauchraum.

Unter der Fascia renalis liegen das Nierenlager der Capsula adiposa (dorsales halbflüssiges Speicherfett) und die Capsula fibrosa, zusammen mit dem hohen Druck im Gefäßstiel sorgen sie für die Fixierung und innere Beweglichkeit der Niere; im Nierenhilus treten A./V. renalis, Ureter und Nerven durch.

Unter der Capsula fibrosa liegt das Nierenparenchym aus bräunlichem **Cortex**, die in den **Columnae renalis** an das Nierenbecken zieht und weisser **Medulla**, das durch die Columnae **Pyramiden** ausbildet, die mit ihren Papillen in die Nierenkelche hineinragen; eine Pyramide + Columnae bilden einen **Nierenlappen**. Im Kortex liegen die Glomeruli, im Mark die Pars rectae der Kanälchen. An den **Papillen** der Pyramiden (Area cribrosa) fließen mehrere Sammelrohre in Papillengängen zusammen.

Die Innervation erfolgt parasymphatisch und sympathisch von den **Plexus coeliacus**, **Plexus aorticus** und **N. splanchnicus minor**. Die Versorgung geschieht durch Aorta → **A. renalis** → V. renalis → V. cava superior. Die A. renalis spaltet sich in der Niere mehrfach auf: Aa. segmenti (2 Halbklappen) → Aa. interlobulares (in den Columnae) → Aa. arcuatae (Cortex → Medulla) → Aa. interlobulares (zwischen Markstrahlen) → Vasa afferentes (Glomerulus!) → Vas efferens (→ Medulla).

Nephron

Die ca. 1 Mio. Nephronen bestehen aus:

- Malpighi-Nierenkörperchen (Corpuscula renalia)
 - **Bowman-Kapsel** aus 2 Blättern, dem äusseren parietalen Blatt mit paltem Epithel und dem inneren viszeralem Blatt mit **Podozyten**, welche die äussere Glomerulus-Schicht bilden.
 - **Glomerulus**, durch Vas afferens befüllte Kapillarschlingen (**50mm Hg!**) im *Mesangium* die durch das Vas efferens abfließen. Durch das *fenestrierte* Kapillarendothel und die Basalmembran wird der **Primärharn** in den Harnpool abgepresst. Bis 5kD können Moleküle ungehindert passieren, ab 65kD ist keine Filtration mehr möglich; Proteinen können durch ihre negative Ladung normalerweise nicht passieren.
- Harnkanälchen:
 - **Proximaler Tubulus**: Einschichtiges Epithel mit Mikrovilli, wasserdurchlässig. Ausscheidung von Harnsäure (Trihydroxypurin), Kreatinin, H^+ , K^+ .
 - **Henle-Schleife**: Aus absteigendem proximalem, aufsteigendem distalem und Intermediärtubulus, H_2O -Rückresorption im Intermediärtubulus (nicht distalem Tubulus!).
 - **Distaler Tubulus**: Niedriges Epithel ohne Mikrovilli zum Lumen, tight junctions (keine H_2O -Resorption!).
 - Verbindungstubulus

Aus dem Primärharn (Plasma ohne Proteinanteil) werden im Tubulussystem Wasser, Glukose, AS und Ionen im Haarnadel-Gegenstromprinzip (aufsteigender/absteigender Tubulus, Sammelrohre, Blutgefässe) aktiv und passiv rückresorbiert und dadurch der Endharn gebildet.

- Kationen (Na^+ , Ca^{2+} , K^+ , H^+) werden im proximalen Tubulus durch Ionenpumpen aktiv resorbiert.
- Glukose und AS werden durch Kotransport (über Na^+/K^+ -ATPase) im proximalen Tubulus resorbiert.
- Na^+ wird mit dem folgenden Cl^- im distalen Tubulus durch eine Ionenpumpe resorbiert, K^+ wird in den Harn ausgeschieden.

Mehrere Nephronen münden in ein **Sammelrohr** die in Bündeln die in den Pyramiden verlaufenden **Markstrahlen** bilden und in den Nierenkelch → Ureter münden. In den Sammelrohren werden Na^+ , Cl^- , Ca^{2+} und PO_4^{3-} letztmalig resorbiert. und somit der **Endharn** gebildet.

Am Gefäßpol liegen distaler Tubulus und Vas afferens einander an und bilden mit modifizierten juxtaglomerulären Zellen die Macula densa, zusammen mit dem durch Mesangiumzellen aufgefüllten Zwischenraum bilden sie den **juxtaglomerulären Apparat**, welcher der Osmoregulation (Na^+ -Gradient) der GFR und der **Reninsekretion** dient.

Nebennieren (Retroperitoneal)

Die Nebennieren liegen den Nieren in Höhe T_{11} - T_{12} auf (links zwischen Leber und Niere, rechts zwischen Zwerchfell und Duodenum), nur die linke Nebenniere ist vollständig von Peritoneum (Bursa omentalis) überzogen.

Sie werden sehr stark durchblutet durch die A. phrenica inferior → **A. suprarenalis superior**, Aorta → A. suprarenalis media und A. renalis → A. suprarenalis inferior, die Innervation erfolgt durch N. vagus/phrenicus und splanchnicus. Die Arterien münden in Sinuside (weite Kapillaren) der NNR → NNM,

Nebennierenrinde

Entwicklung in der 5.-7. Woche aus **Mesenchym**, wobei sich die *Zona reticularis* erst im 3. Lebensjahr bildet. Die NNR wird v.a. in der Pubertät/Klimakterium in **Transformationsfeldern** umgebaut.

Sie ist in 3 Schichten (G→F→R) gegliedert und dient der Produktion von Mineralo-, Glukokortikoiden und Androgenen aus Cholesterol:

- **Zona glomerulosa**: Deckschicht mit grossen Zellkernen → Aldosteron (K^+ ↓, Na^+ , Cl^- ↑) über RAAS.
- **Zona fascicularis**: Breiteste Schicht aus Zellsäulen → Kortisol über ACTH.
- **Zona reticularis**: Kleine azidophile Zellen mit Pigmenten mit Sinusiden → Androgene über ACTH.

Nebennierenmark

Bildung aus sympathischen Chromaffinblasten des **Ektoderms** in der 7. Woche. Die chromaffinen Zellen sezernieren die Katecholamine **Adrenalin** (80%) und **Noradrenalin** die in elektronendichten Sekretgranula gespeichert werden.

Die ebenfalls aus Neuroektoderm hervorgehenden **Paraganglien** bilden bis 2a Noradrenalin und **Dopamin** (*sympathische* chromaffine Paraganglien), nicht-chromaffine *parasympathischen* Paraganglien (Glomus caroticum und aorticum) dienen als Chemorezeptoren

Ureter (Harnleiter), Harnblase und Urethra (Harnröhre)

Die Kloake wird ab dem 30. Tag durch das Septum urorectale und die Kloakenmembran in den ventralen **Sinus urogenitalis** und den dorsalen **Anorektalkanal** (→ Rektum, Analkanal) geteilt. Die Harnblase bildet sich aus dem Sinus urogenitalis und dem Wolff-Gang, der zum Nabel ziehende Allantois → Urachus degeneriert nach der Geburt zur Chorda urachi.

Der *retroperitoneale* Ureter leitet den Endurin peristaltisch zur ebenfalls retroperitonealen Harnblase, aus der ein Rückfluss durch eine Kontraktion des **Trigonum vesicae** sekundär gehemmt wird. Die Innervation erfolgt v.a. aus dem **Plexus renalis**, die Versorgung durch A. renalis, A. testicularis/ovarica und A. rectalis.

Wandbau

- **Tunica mucosa:** Übergangsepithel mit Tight junctions, Crusta und Längsfalten (→ **sternförmiges Lumen**).
- Lamina propria: Verschiebeschicht aus lockerem Bindegewebe.
- **Tunica muscularis:** Zwei (Stratum circulare/longitudinale) → Dreischichtig (äusseres Stratum longitudinale), spiralförmig gewunden.
- **Tunica adventitia:** Bindegewebige Verschiebeschicht mit Gefäßen und Nerven.

Die Harnblase ist ein muskuläres Hohlorgan im kleinen Becken zwischen Symphyse, Bauchwand (*Spatium retropubicum*) und Levatorsplatt/Prostata, von der aus das **Lig. umbilicale medium** (obliterierter Allantoisgang) und die **Ligg. umbilicalia medialis** (A. umbilicalis Rudiment) zum Nabel ziehen. Die Harnleiter münden im Ostium uretrale, die Urethra (Harnleiter) verlässt die Blase am Ostium urethrae internum, welches durch die **Uvula vesicae** (Venengeflecht) und den funktionellen M. detrusor vesicae (Blasenkontraktion) verschlossen wird. Das Peritoneum schlägt beim ♂ auf das Rektum um (*Excavatio rectovesicalis*), bei der ♀ auf den Uterus (*Excavatio vesicouterina*).

Als Haltebänder dienen v.a. das Lig. pubovesicale und die Ligg. puboprostatica.

Die Innervation erfolgt sympathisch über den Plexus vesicalis (T₁₂-L₁; Blasenfüllung) und parasympathisch über den Plexus hypogastricus inferior (S₂-S₄), die Versorgung durch A. umbilicalis → A. vesicalis superior, A. ilaca interna → A. vesicalis inferior und A. rectalis media.

Wandbau

- **Tunica mucosa:** Mehrreihiges Übergangsepithel, alle Zellen stehen mit der Basalmembran in Kontakt, z.T. mit Schleimdrüsen (Gll. trigonales).
- **Lamina propria:** Lockere Bindegewebsschicht (Faltenbildung), fehlt im Trigonum vesicae.
- **Tunica muscularis:** Dreischichtig, Stratum longitudinale internum, Stratum circulare und Stratum longitudinale externum.

Die Urethra ist bei ♀ kürzer (3-5cm) als bei ♂ (20-25cm), sie wird vom vom M. sphincter urethrae (quergestreift) verschlossen.

Bei ♂ mündet der Utriculus prostaticus (obliterierter Müller-Gang) am **Colliculus seminalis** in den Uretetra, eitlich davon münden die Prostata-Ausführgänge im Sinus prostatici, in der Ampulla münden die Cowper-Schleimdrüsen. Die Pars spongiosa im Penis weitest sich distal zur **Fossa navicularis**.

Wandbau

- **Tunica mucosa:** Durch Längsfalten verengtes Lumen, die Schleimhaut geht von Übergangsepithel → mehrreihiges Zylinderepithel → mehrschichtig unverhorntes Plattenepithel über.
- **Tunica propria:** Enthält ein Venenplexus (Corpus spongiosum, Miktionshemmung) und Schleimdrüsen (Gll. urethrales).
- **Tunica muscularis:** Innere Längs- und äussere Ringmuskelschicht.

Gonadenentwicklung

Im Indifferenzstadium bis zur 7. Woche ist der Embryo noch bisexuell. Aus dem Keimzelllosen (!) Keimepithel der Urogenitalfalte entwickelt sich die **Genitaleiste** (die mit dem umgebendem Mesenchym Keimstränge bildet), aus deren medialem Anteil sich je nach Chromosomen (XX/XY) die **Hoden** oder **Ovarien** entwickeln. Die eigentlichen Keimzellen wandern in der 4.-6. Woche in die Keimstränge ein, die den **Wolff-Urnierengang** ($\rightarrow \text{♂}$) und **Müller-Gang** ($\rightarrow \text{♀}$) bilden.

Männliche Keimentwicklung

Bildung von Hodensträngen \rightarrow Rete testis in der 7. Woche, die sich mit den Urnierenkanälchen \rightarrow Ductuli efferentes zu **Tubuli seminiferi** und Tubuli recti entwickeln. Der Basalmembran der Tubuli seminiferi liegen die **Sertoli-Stützzellen** auf, sie bilden die Blut-Hoden-Schranke und dienen der Ernährung der reifenden Samenzellen sowie der Phagozytose der Residualkörper.

Im Mesenchym liegen die **Leydig-Drüsenzellen** die der Androgenbildung (insb. **Testosteron**) dienen. Sie sind bereits ab der 9. Schwangerschaftswoche aktiv, bilden sich jedoch nach der Geburt bis zur Pubertät zurück.

Im 7. Monat kommt es durch plazentares HCG zum Descensus testis aus L_1 entlang des Gubernaculum testis durch das kleine Becken in den Hodensack.

Der Müller-Gang degeneriert zum Appendix testis oder Utriculus prostaticus.

Weibliche Keimentwicklung

Die primären Keimstränge bilden sich zu sekundären Keimsträngen zurück, die zu Eiballen mit 2 Zellarten zerfallen: **Oogonien** und **Follikelzellen**. Durch das Keimdrüsenband (Lig. ovarii proprium, Lig. teres uteri, Lig. suspensorium ovarii) kommt es zum Descensus aus dem retroperitonealen Raum in das **intraperitoneale** kleine Becken. Der Wolff-Gang degeneriert zum Epoochoron in der Mesosalpinx, Appendices vesiculosae oder Gartner-Gang.

Differenzierung bei	♂	♀
Urnierenkörper	Rete testis (Hodennetz zur Druckverteilung)	Rete ovarii (rückgebildet)
Wolff-Urnierengang	Ductus epididymidis, Ductus deferens, Vesicula seminalis, Appendix epididymidis	Gartner-Gang (rückgebildet)
Müller-Gang	Appendix testis (rückgebildet)	Tuba, Uterus, Vagina
Ureterknospe (Genitalhöcker)	Ureter, Nierenbecken, Sammelrohr	
Siens urogenitalis	Harnblase, Prostata, Urethra, Pars spongiosus penis	Harnblase, Gl. paraurethrales, Urethra, Scheidenvorhof.
Urogenitalfalten	Urethra-Schwellkörper, Corpus cavernosus penis	Labia minora
Genitalwülste	Skrotum	Labia majora

Weibliche Geschlechtsorgane

Ovar (Eierstock), 3cm, intraperitoneal

In der weiblichen Keimzelle entwickeln sich die Eizellen zu **Graaf-Follikeln**, ausserdem dienen die dort produzierten Hormone **Estrogen** und **Progesteron** nach der Pubertät der Zyklusregulation.

Die Innervation erfolgt sympathisch und parasympathisch aus dem **Plexus mesentericus superior** und **Plexus renalis**, die Versorgung **A. uterina** r. ovaricus und Aorta \rightarrow **A. ovarica** über die Vv. ovaricae (in Lig. suspensorium ovarii) zur V. cava inferior/V. renalis sinistra.

Bänder

- Lig. ovarii proprium (3-4cm): Zum Tubenwinkel mit A. uterina, enthält glatte Muskelzellen.
- Lig. suspensorium ovarii: Zur lateralen Beckenwand mit A./V. ovarica, Nerven und Lymphgefäßen.
- Mesovarium: Schmale Befestigung am Lig. latum uteri.

Tuba uterina (Eileiter), 12-15cm, intraperitoneal

Schlauchförmige Verbindung von Ovar und Uterus, gegliedert in 4 Abschnitte: **Infundibulum** (Trichterförmige Öffnung mit **Fimbrien**), **Ampulla** mit Schleimhautfaltung, **Isthmus** (Engstelle vor der Uterusmündung), **Pars uterina** innerhalb der Uteruswand. Sie verläuft in der **Mesosalphinx** des Lig. latum uteri (Peritonealduplikatur).

Die Tunica muscularis besitzt viele kleine Falten (**Plicae tubariae**) mit einschichtigem Zylinderepithel aus Flimmer- (Zyklusmitte) oder Drüsenzellen (Nach der Ovulation, bilden sich zu Stiftchenzellen zurück). Die Tunica muscularis besteht aus einer mittleren Ring- und innerer/äusserer Längsmuskelschicht.

Uterus (Gebärmutter), 8cm

Gliederung in **intraperitonealen Corpus** (obere 2/3) mit Isthmus und **retroperitoneale Cervix** (unteres Drittel), die im Zervixkanal durch einen Schleimpfopf vor Bakterienbesiedelung schützt. Im **Tubenwinkel** münden die Tuben im rechten Winkel in das Cavum uteri, die mit Vaginalepithel überzogene **Porto vaginalis** ragt in die Vagina hinein. Hinter dem Uterus bildet das Peritoneum als Falte die Excavatio **rectouteria (Douglas-Raum)**.

Der Corpus ist gegen die Cervix um $\sim 80^\circ$ geneigt (**Anteflexio**), die Cervix um 90° gegen die Vagina (**Anterversio**), wobei sich der Uterus bei Füllung der davorliegenden Harnblase aufrichtet wird.

Der Halteapparat wird durch **Lig. teres uteri** (rundes Mutterband durch Canalis inguinalis zur Symphyse) und **Lig. latum uteri** (breites Mutterband, Peritonealduplikatur zur lateralen Beckenwand) gebildet.

Vagina.