

Handout Herz-Kreislauf-System

Vorlesungsgliederung:

0 Allgemeines

I Blutgefäßsystem

- Gefäßtypen
- Gefäßaufbau
 - arterieller Schenkel (Verteilersystem)
 - Endstrombahn
 - venöser Schenkel
- Gefäß- und Nervenversorgung der Blutgefäßwand
- Bildung von Blutgefäßen
- Hämodynamik (Grundzüge)
- Systematik der Blutgefäße

II Herz

- topographische Lage und äußere Gliederung
- innere Gliederung – Herzzinnenräume und Klappen
- Herzskelett, Herzdynamik, Projektion des Herzens
- Blutversorgung – Herzkranzgefäße (Vasa coronaria)
- Erregungsbildungs- u. leitungssystem + Innervation
- mikroskopischer Aufbau der Herzwand
- Herzbeutel (Perikardium)

III Embryologie des Herz- Kreislauf-Systems

- Plexiforme Phase
- Tubuläre Phase
- Schleifenphase
- Septierung des Herzens
- Entwicklung der Venen
- Entwicklung der herznahen großen Arterien
- Fetaler Kreislauf

IV Lymphgefäßsystem

Links:

<http://michikomaryama.ca/artoflearning/wp-content/uploads/2017/08/heart-anatomy-2D-locket-print-out-Michiko-Maruyama.pdf>

Vorlesungsinhalt:

Allgemeines

Aufgaben des Herz-Kreislauf-Systems

Transport :

Nähr-(Betriebs-)stoffe, Metaboliten, O₂, CO₂, H₂O, Salze, Hormone, Vitamine

Stoffaustausch:

Blut ↔ Gewebe

Thermoregulation:

Wärmetransport aus Muskulatur und Leber nach peripher (Haut, Extremitäten)

→ Wärmeabgabe

Abwehr:

Abwehrzellen des Blutes, Immuneiweiße (AK, Cytokine),

Zellen des Monozyten-Makrophagen-Systems

Mechanische Aufgaben:

„Gefäßstiele“ halten Niere, Milz; Schwellkörper (Nasenhöhle, äußere Genitalien:

Erektion!)

„**rechtes Herz**“: **venöse Hälfte** treibt **Lungenkreislauf** an „**Niederdrucksystem**“

gleiche Förderleistung
(Herzminutenvolumen)

verschiedene Drucke

„**linkes Herz**“: **arterielle Hälfte** treibt **Körperkreislauf** an „**Hochdrucksystem**“

Krankheiten des Herz-Kreislauf-Systems = häufigste Todesursache!

Termini technici: arteriell = sauerstoffreich; venös = sauerstoffarm; Def. Arterie: Vom Herzen weg; Def. Vene: Zum Herzen hin

Im Kreislaufsystem Organgefäße parallel geschaltet; Ausnahme Lungengefäße in Reihe/ Serie geschaltet

Großer / Kleiner Kreislauf

Körperkreislauf = Großer Kreislauf; Hochdrucksystem

Lungenkreislauf = Kleiner Kreislauf; Niederdrucksystem

Körperkreislauf differenziert betrachtet:

Arterien, Arteriolen: Hochdruck-Verteilersystem

Venulen, Venen: Niederdruck-Sammelsystem

Periphere Strombahn

Arterieller Verteiler-Schenkel: Arterien des elastischen Typs (herznah, leiten); Arterien des muskulären Typs (herzfern, verteilen); Arteriolen (größter peripherer Widerstand/ stärkster Blutdruckabfall)

Kapillarbett (Großer Gesamtquerschnitt → Abnahme der Fließgeschwindigkeit → Austausch)

Venöser Sammel-Schenkel: Venulen; Venen (Speicherung und Rückführung)

Gefäßversorgung: i.d.R. auf dem kürzesten Weg; Ausnahme bei Organen die ihre Lage spät in der Entwicklung verändern (z.B. Gonaden: Descensus testis/ ovarii)

Gefäßverlauf: auf der Beugenseite (verhindert Gefäßüberstreckung); in der Tiefe: Arterien u. Venen zusammen; außerhalb der Faszien (epifaszial): Arterien u. Venen getrennt

Termini technici: Kollateralen = Arterien mit dem selben Versorgungsgebiet wie die Hauptarterie; Endarterie = Arterie deren Versorgungsgebiet nicht oder nur ungenügend (= funktionelle Endarterie) durch eine Kollaterale mitversorgt wird; arterielles Wundernetz (Rete mirabile) = Arteriole – Kapillarnetz – Arteriole (z.B. Glomerulus); venöses Wundernetz: Kapillarnetz – Vene – Kapillarnetz (z.B. (Leber)pfortadersystem; Hypothalamus-Hypophysensystem); Arterio-Venöse-Anastomose; Vasa privata = Versorgungsgefäße, dem Organ selber dienend; Vasa publica = „Arbeitsgefäße“, dem Gesamtorganismus dienend

Organ	Vasa privata	Vasa publica
Herz	Koronargefäße	rechts: Venae cavae, Truncus pulmonalis links: Venae pulmonales, Aorta
Lunge	A. u. V. bronchiales	A. u. V. pulmonales
Leber	A. hepatica propria	V. portae hepatis (venöses MDT-Blut)

Aufbau der Blutgefäße

Allg. Aufbau: Tunica intima (Endothel, Stratum subendotheliale), Tunica media, Tunica adventitia/ externa; Zwischen “Intima” u. “Media”: Membrana elastica interna; zwischen “Media” u. “Adventitia/ Externa”: Membrana elastica externa
 „Intima“: Endothel (einschichtiges Plattenepithel auf BM) + Str. subendotheliale (lockeres BG mit ggf. einzelnen glatten Muskelzellen/ Makrophagen)
 „Media“: nach Gefäßart verschieden-anteilig: glatte Muskelzellen, elastische+kollagene Faserelemente
 „Adventitia / Externa“: lockeres BG mit Nervenfasern und evtl Vasa vasorum (s.u.)

Arterieller Schenkel

Arterien: i.d.R. vergleichsweise wandstark, deutlich geschichtet (Membrana elastica interna u. externa), kleiner Durchmesser
 Arterien des elastischen Typs: In der „Media“ elastische Faserlamellen/ -membranen vorherrschend (Membrana elastica interna/ externa daher undeutlich); herznah; Windkesselfunktion; leitend
 Arterien des muskulären Typs: k- u. m- Myozyten in der „Media“ vorherrschend (Membrana elastica interna/ externa deutlich); herzfern; Vasodilatation /-konstriktion (Gefäßerweiterung /-verengung); verteilend
 Arteriole: $\varnothing < 100\mu\text{m}$; kein Stratum subendotheliale; „Media“ aus 1-2(3) Lagen glatter Muskelzellen bestehend; größter peripherer Widerstand/ stärkster Blutdruckabfall
 Metarteriolen = Arteriolen mit lückenhaften Muskelmantel, präkapilläre Sphinkter an den Abgängen der Kapillaren
 Bezogen auf den ganzen Körper nur 25% der Kapillaren in Ruhe durchströmt!

Endstrombahn (= Kapillaren + vorgeschaltete Arteriolen + nachgeschaltete Venulen)

Aufbau der Kapillaren: Endothelzelle(n), Basalmembran, Perizyt(en)

Kapillartypen: Variables Erscheinungsbild

I kontinuierlich

geschlossenes Endothel
 + kontinuierliche BM

II fenestriert mit Diaphragma

+ kontinuierliche BM

III fenestriert ohne Diaphragma = mit Poren

+ kontinuierliche BM

IV diskontinuierlich

Endothel u. BM mit Lücken

Gefäßfreie (bradytrophe) Gewebe: Hornhaut (Transplantation!); hyaliner Knorpel (Erreichbarkeit für Therapeutika!)

Venöser Schenkel

Venen = Blutgefäße mit großem Fassungsvermögen (= Kapazitäts- / Reservoirgefäße) (Volumenspeicher, 64 % des Blutes, Hochvolumen-, Niederdrucksystem)

Venen: i.d.R. vergleichsweise wandstark, undeutliche Schichtung (keine deutliche Membrana elastica interna u. externa), großes Gefäßlumen, Klappen

Besondere Ausformungen: venöse Sinusse, Drosselvenen, Venen ohne Klappen (große herznahe Venen, Venen des Kopfes, der Eingeweide, Venen des Wirbelkanals)

Mechanismen des venösen Blutflusses: Gefäß(muskel)tonus, Muskelpumpe (tiefe Venen!), arteriovenöse Koppelung (z.B. A. tibialis anterior), Venenklappen (verhindern Rückfluss), Atemsog (verg. Unterdruck im Pleuraraum bei Einatmung), Herzsog (Tiefertreten der Ventilebene in der Kammersystole)

Gefäß- und Nervenversorgung der Blutgefäßwand

Gefäßversorgung: Innere Wandabschnitte via dem Gefäßlumen; äußere via Vasa vasorum

Klinik: Vasa vasorum bei Atherosklerose (Lipideinlagerung → Entzündungsreaktion [Makrophagen; glatte Muskelzellen ↑↑↑] → Atherome [atherosklerotische Plaques] → Einblutungen); bei Syphilis zerstört → Gefäßwandschwäche → Aneurysmen

Nervenversorgung: Ausschließlich Sympathikus; Ausnahme Gefäße im Genitaltrakt (Erektion!)

Bildung der Blutgefäße

Kardiovaskuläres System: Erstes funktionsfähiges Organsystem beim Embryo!

Bildung der Blutgefäße und Blutzellen aus Hämangioblastenhaufen (extraembryonal:

Dottersack, Haftsichel, Chorion; intraembryonal: Splanchnopleura)

Zentral gelegene Zellen Vorläufer der Blutzellen (Hämozytoblasten)

Peripher gelegene Zellen Vorläufer Endothelzellen (Angioblasten)

Hämangioblastenhaufen → Kapillarsäckchen → Kapillarplexus → definitive Strombahn

Zunächst Vaskulogenese (Gefäßneubildung durch Angioblasten) dann Angiogenese

(Gefäßneubildung durch Aussprossung (Sprouting) u. Intussusception)

Weitere Entwicklung: 2 paarige ventrale und dorsale Aorten; Blut aus dem Herz über paariges System von Aortenbögen in die paarigen dorsalen Aorten; cranio-caudaler Gradient von 6 Aortenbögen (Pharyngeal-/ Schlundbogenarterien), frühe Vereinigung der dorsalen Aorten von C7 an bis zum Abgang der Nabelschnurarterien (Aa. umbilicales)

Hämodynamik (siehe Physiologie Vorlesung)

Venturi Effekt und Gesetz von Bernoulli: verkleinerter Rohrquerschnitt führt zu erhöhter Fließgeschwindigkeit und Abfall des statischen Drucks (Gesamtdruck aus Strömungsdruck und statischen Druck, bei vernachlässigbarem hydrostatischen Druck [„Schweredruck“] konstant)

Druckabfall auf Arteriolen-Ebene (Querschnittsverkleinerung)

Fließgeschwindigkeitsabfall auf Kapillarebene (riesige Gesamtquerschnittsvergrößerung)

- | | | |
|---------------------------------|---|--|
| ❖ Windkesselgefäße | = | (herznahe große Arterien d. elast. Typs) |
| ❖ Verteilergefäße | = | (herzferne große Arterien d. musk. Typs) |
| ❖ Widerstandsgefäße | = | (Arteriolen) |
| ❖ Austauschgefäße | = | (Kapillaren, Venulen) |
| ❖ Kapazitäts- / Reservoirgefäße | = | (Venen) |

Systematik der Gefäße (siehe Atlas; Seminarheft, Vorlesungsfolien)

Oberflächliche epifasziale Venen ohne Arterienbegleitung

Tiefe subfasziale Venen mit Arterienbegleitung

Chemosensoren (pO_2 , pCO_2 , pH)

Glomus aorticum, caudale Seite Aortenbogen (N. vagus)

Glomus caroticum, Carotisgabel (N. glossopharyngeus)

Barosensoren

Sinus caroticus, Anfangsteil A. carotis interna (N. glossopharyngeus)

Außenaspekt des Herzens

Topographische Lage: Mittlerer Teil des unteren Mediastinums (Mediastinum medium; Mediastinum = BG-Raum/ -,„Platte“ in der Mitte des Brustkorbs; zwischen den beiden Pleura- / Brustfellhöhlen), im Herzbeutel

Facies sternocostalis, Facies pulmonales, Facies diaphragmatica

Herz im Perikard frei beweglich! Nur durch Gefäßstiele und Membrana bronchopericardiaca gehalten

Herzgröße: „Wie die geballte Faust der Arbeitshand“;

„Herzgewicht“: m = 300 – 350 g; w = 250 – 300 g; kritisches „Herzgewicht“: 500g (Wenn darüber: Ungenügende Versorgung durch die Koronararterien)

Form: konisch (stumpfer Kegel); 45° gegen Frontal- und Medianebene geneigt

Ausdehnung im p.a. RX: transcardiale Ø kleiner ½ transthorakaler Ø

Re. Herzsilhouette: V. cava sup., re. Vorhof (Herzohr, Atrium), V. cava inf.

Li. Herzsilhouette: Aortenbogen, Truncus pulmonalis, li. Vorhof (Herzohr; Atrium), li.

Kammer (Ventrikel)

Holzknethraum (=Retrokardialraum): Retrokardiales Aufhellungsfeld im seitlichen Thoraxbild (zw. Herzschatten [li Atrium u. li Ventrikel randbildend] und Wirbelsäule; bei der Erweiterung des linken Atriums z.B. verkleinert)

Merke: Die re. Kammer (Ventrikel) beteiligt sich nicht an der Herzsilhouette; sie bildet den Hauptanteil der Herzvorderfläche

Positionieren des Herzens: „Das Herz an den Ohren nehmen“ resp. anhand des Venenkreuzes (senkrecht. Cava-Achse; waagrecht: Pulmonalvenen-Achse) ausrichten

Sulci: Sulcus coronarius; Sulcus interventricularis ant./ post., Sulcus interatriale (dorsal),

Sulcus terminalis (Crista terminalis innen)

Durch Umschlagfalten des Perikards am Herzen werden definiert:

Sinus transversus pericardii: Zwischen Porta arteriosa (Aus-) u. Porta venosa (Einstrombahn)

Sinus obliquus pericardii: Frontal, cranial angrenzend an die Pulmonalvenen und rechts an die V. cava inf.

Koronargefäße (Herzkranzgefäße) siehe unten

Innenaspekt des Herzens

Re. / li. Herz mit jeweils einem Atrium (Vorhof) und einem Ventrikel (Kammer)

Zwischen den Atrien: dünnes Septum interatriale; Zwischen den Ventrikel: Septum interventriculare, mit einem dicken muskulären und einen dünnen membranösen Teil

Re. Ventrikel (Vorderansicht des Herzens) ventral dominierend, <3-5 mm; li. Ventrikel dorsal dominierend, <13-15 mm

Zwischen Septum interatriale u. interventriculare: Septum atrioventriculare

Rechtes Atrium

Glatter (Sinus venosus-) Teil u. muskulärer Teil (rechtes Herzohr (Auricula cordis dexter); Mm pectinati) durch Crista terminalis (Sulcus terminalis außen) getrennt.

Fossa ovalis mit Limbus fossae ovalis (Unterrand des Septum secundum)

Einmündend: V. cava sup., V. cava inf. (mit Valvula Eustachii), Sinus coronarius (mit Valvula Thebesii)

Ostium atrioventriculare dextrum mit Valva atrioventricularis dextra = – Trikuspidalis – und Anulus fibrosus (= BG-Fasering der die Trikuspidalis im Herzskelett verankert s.u.)
3 Segel: Ein vorderes, ein hinteres und ein septales Segel (Cuspis); letzteres vom membranösen Teil des Septum interventriculare entspringend

Rechter Ventrikel

Einstrombahn mit Trabeculae carneae (aus Ventrikel-Anteil des Bulbus cordis);
Ausstrombahn glatt (aus Conus arteriosus-Anteil des Bulbus cordis)
Crista supraventricularis – trennt im re. Ventrikel die Ein- von der Ausstrombahn
Trabeculae carneae mit Moderatorband (Trabecula septomarginalis; Leonardo-da-Vinci-Band von der Basis des vorderen Papillarmuskels zum Kammerseptum ziehend)

Ostium trunci pulmonalis mit Valva trunci pulmonalis = – Pulmonalis –
Taschenklappe mit 3 Valvae semilunares (anterior, dextra und sinistra) mit Knötchen (Nodus vavulae semilunares) und halbmondförmigen Klappenhäutchen (Lunulae)

Linkes Atrium

Valvula foraminis ovalis; linkes Herzohr (Auricula cordis sinistra; Cave Thrombenbildung!)
Einmündend: Zwei Lungenvenenpaare → 4 Pulmonalvenen insgesamt

Ostium atrioventriculare sinistrum mit Valva atrioventricularis sinistra = – Mitrallis – und Anulus fibrosus
2 Segel: Ein vorderes und ein hinteres Segel (Cuspis)

Linker Ventrikel

Einstrombahn mit Trabeculae carneae (aus Ventrikel-Abschnitt des Herzschauches);
Ausstrombahn glatt (aus Conus arteriosus-Anteil des Bulbus cordis)
Vorderes Segel (Cuspis anterior / Aortensegel) der Mitrallis trennt im li. Ventrikel Einstrom- von Ausstrombahn

Ostium aortae mit Valva aortae: - Aortenklappe -
Taschenklappe mit 3 Valvae semilunares (posterior, dextra und sinistra)) mit Knötchen (Nodus vavulae semilunares) und halbmondförmigen Klappenhäutchen (Lunulae)

Herzskelett: Ventilebene des Herzens = BG-platte zw. Atrium- u. Ventrikelmuskulatur
→ bis aufs His Bündel vollständige Trennung von Atrium- und Ventrikelmuskulatur
(falls zusätzliche Verbindungen: Wolff Parkinson White Syndrom; irregulärer Erregungsablauf)

Merke: glatte und buchtenreiche Abschnitte; Unterschiede Herzklappen

Atrien im Bereich der einmündenden Venen (Hinterwände) glatt
ansonsten Muskelleisten „Mm. pectinati“-

Ventrikel im Bereich der Einstrombahnen Muskelleisten „Trabeculae carneae“
im Bereich der Ausstrombahnen glatt

Pulmonalklappe mit Valvula semilunaris anterior, dextra u. sinistra

Aortenklappe mit Valvula semilunaris posterior, dextra u. sinistra

Trikuspidalklappe mit Cuspis septalis, anterior u. posterior

Mitralklappe nur mit Cuspis anterior u. posterior

im *re.* Atrium: Limbus fossae ovalis (rigide)

li. Atrium: Valvula foraminis ovalis (beweglich)

Hämodynamik

Kammerdiastole: erweiterter Ventrikelraum, Ventilebene Richtung Herzbasis (schiebt sich über das Vorhofblut), Vorhofblut vereinnahmt; Trikuspidal- u. Mitralklappe offen; Pulmonal- u. Aortenklappe zu (Windkesselfunktion)

Kammersystole: erweiterter Atriumraum, Ventilebene Richtung Herzspitze, venöses Blut aus den herznahen Venen angesaugt

Unterteilung der Systole in:

Anspannung ($p_{\text{Ventrikel}} > p_{\text{Atrium}}$, Schluss der AV-Klappen) und

Austreibung ($p_{\text{Ventrikel}} > p_{\text{Ausstromgefäße}}$, Taschenklappenöffnung)

Unterteilung der Diastole in:

Entspannung ($p_{\text{Ventrikel}} < p_{\text{Ausstromgefäße}}$, Schluss der Taschenklappen) und

Füllung ($p_{\text{Ventrikel}} < p_{\text{Atrium}}$, Öffnung der AV-Klappen)

Projektion des Herzens (Röntgenbild (s.o.) Perkussion, Auskultationsorte)

Absolute, relative (re. Querfinger, li. 8-10cm) Herzdämpfung

Auskultationsorte (\neq Projektionsorte; siehe zu diesen den Atlas): Aortenklappe 2.ICR re. parasternal; Pulmonalklappe 2.ICR li. parasternal; Trikuspidalklappe 5. [auch 4.] ICR re. parasternal; Mitralklappe 5.ICR li. Medioclavicularlinie

(Merkspruch: **Anton Pulmann trinkt Milch um 22.55 Uhr**)

Blutversorgung – Herzkranzgefäße (Vasa coronaria)

ca. 5% des HMV in die Koronararterien = funktionelle Endarterien

(überwiegend in der Diastole mit Blut versorgt)

Koronararterien

Re. (R. interventricularis post.) u. li. Koronararterie (R. circumflexus; R. interventricularis ant.)

Ursprung: Aorta ascendens im Bereich der Sinus aortae; Verlauf: Im Sulcus coronarius

Funktionelle Endarterien \rightarrow Myokardinfarkt!

Versorgungsgebiet rechte Koronararterie:

- gr. T. rechtes Atrium inkl. Erregungssystem
- gr. T. rechter Ventrikel inkl. Conus arteriosus
- hinterer T. Kammerscheidewand
- unterschiedlich großer T. li Ventrikelhinterwand (Hinterwandinfarkte!)

Versorgungsgebiet linke Koronararterie:

- gr. T. linkes Atrium
- gr. T. linker Ventrikel
- vorderer T. Kammerscheidewand
- kleiner T. Vorderwand re. Ventrikel

Normalversorgungstyp, versus Links- (li. Koronararterie Ventrikelseptum ganz)/

Rechtsversorgungstyp (re. Koronararterie li. Hinterwand ganz)

Koronarvenen

u.a. Vena cardiaca magna, media, parva; Mündung in den Sinus coronarius (Vorsicht \neq Sinus venosus) u. in das rechte Atrium

Erregungsbildungs- und Erregungsleitungssystem

Das Herz arbeitet autonom und ohne Pause, Stillstand = Tod

Autonomie der Erregungsbildung und -verteilung

Impulse des vegetativen Nervensystems → Anpassung an die Bedürfnisse

Sinusknoten - Dach re. Vorhof – 70 / min

Arbeitsmuskulatur / internodale Fasern ? / Bachmann Bündel

Atrioventrikular- (AV-) Knoten – Boden re. Vorhof/ Vorhofscheidewand – 50 /min

His Bündel – Herzskelett u. membranöser Teil des Kammerseptums

Aschoff Tawara Schenkel – muskulärer Teil des Kammerseptums u. Kammerwand
(re. u. a. Moderatorband!)

Purkinje-Fasern → Arbeitsmuskulatur – 20 / min

Bei Kent-Bündel (= einem akzessorischen Erregungsleitungs-bündel) zwischen dem re. Atrium und dem re. Ventrikel: Wolff-Parkinson-White-Syndrom (irreguläre Erregungsabläufe)

Modulation der Herztätigkeit durch Plexus cardiacus (Nervengeflecht an der Herzbasis)

Parasympathische Zuflüsse: N. vagus; N. laryngeus recurrens

Sympathische Zuflüsse: Nervi cardiaci = N. cardiacus cervicalis superior (Ganglion cervicale superius; N. cardiacus cervicalis medius (Ganglion cervicale medium); N. cardiacus cervicalis inferior (Ganglion stellatum)

Reflektorischer vagaler Herzstillstand durch Druck auf den Carotissinus, z.B. Bolustod!

Head Zonen (viszerosensible Schmerzimpulse als von Hautarealen stammende somatosensible Schmerzimpulse interpretiert, Konvergenz der entsprechenden Fasern auf Neurone des RM): Th 3-5, Hals, Innenseite linker Arm, Rücken

Mikroskopischer Aufbau der Herzwand

Herzwand: Endokard (Endothel bedecktes BG), Myokard (Herzmuskelzellen: verzweigt, quergestreift, funktionelles Synzytium [Glanzstreifen mit Desmosomen, Fascia adhaerens, Nexus], ein- zweikernig, zentrale Kernlage, myofibrillenfreier Hof, Lipofuszin), Epikard (Mesothel bedecktes BG u. FG)

Herzklappen: gefäßfreie Endokardduplikaturen

Erregungssystem (umgewandelte Herzmuskelzellen [Purkinje Fasern (Zellen!)] subendokardial): groß, glykogenreich („schaumiges Zytoplasma“), myofibrillenarm, nur Nexus (keine Glanzstreifen)

Muskelschichten: schräge äußere, ringförmige mittlere, längliche innere Schicht; Vortex cordis an der Herzspitze = direkter Übergang der äußeren Schrägschicht in die innere Längsschicht

Herzbeutel (Perikardium)

Pericardium serosum innen mit viszeralem und parietalem Blatt (Mesothel u. Tela subepicardialis resp. Tela subpericardialis); dazwischen seröse Flk.

Pericardium fibrosum außen

Perikardumschlagfalten um Ausstrom- und Einstrombahn → Sinus transversus; Sinus obliquus

Pulmonalisembolektomie „Trendelenburg-Operation“ bei akuter zentraler Lungenembolie

Perikardpunktion: links parasternal im 5ten oder 6ten ICR

Verankerung in der Umgebung:

cranial: Ligg. sternopericardiaca, Membrana bronchopericardiaca

caudal: Lig. phrenicopericardiacum, Centrum tendineum

Herzentwicklung - bis und mit Schleifenphase

Entwicklungsfahrplan:

18. - 20. Tag	Plexiforme Phase
21. - 22. Tag	Tubuläre Phase
nach dem 22. Tag	Schleifenphase
27. - 37. Tag	Septierung des Herzens

Herzkontraktionen ab der 4. Woche; Frequenz : 120 bis 160 Schläge pro Minute

Herztöne ab der 10. Woche

Tubuläres Herz erste Bewegungen!

Noch vor der Trennung des "linken" und "rechten Herzens" durch Septen: Zwei sich überkreuzende Blutströme!

Plexiforme Phase (Blutinseln → hufeisenförmiges Geflecht → Endokardschlauch)

Herzanlage (kardiogene Platte): rostroventral; außerhalb des eigentlichen Embryos; ventral der Perikardhöhle

Rotation um 180° (Platztausch mit Perikardhöhle → nunmehr dorsal der Perikardhöhle) u. Descensus cordis (Verlagerung nach caudal und ventral)

Tubuläre Phase (Herzschlauch – serieller Blutfluss)

Herzschlauchabschnitte: Sinus venosus, gemeinsamer Atriumabschnitt,

(li.) Ventrikelausschnitt, Bulbus cordis, arterielle Ausflussbahn/ Aortenbogenarterien

Herzschlauchschichten von innen nach außen: Endokard (Endothel), Herzgallerte (glykosaminoglykanreiche extrazelluläre Matrix), Myokard (verdicktes Mesenchym der Splanchnopleura), Epikard (Mesothel, Serosaepithel)

Vorübergehend dorsales Mesokard

Schleifenphase (Krümmung und Septierung – serieller → paralleler Blutfluss)

Herzschlauch wächst schneller als Perikardhöhle → Sulcus atrioventricularis [coronarius];

Sulcus bulboventricularis (späterer Sulcus interventricularis)

[Zunächst Krümmung des Herzschlauches am bulboventrikulären Übergang → Einkerbung des Herzschlauches am linken Herzrand; Herzschlauch hier nun rechtseitig "konvex" und linkseitig "konkav"; falls Einkerbung gegenüber am rechten Herzrand → Dextrokardie]

Verlagerung des Ventrikelausschnittes u. des Herzbulbus nach ventral unten

Verlagerung des Atriumabschnittes u. des Sinus venosus nach dorsal oben

Aus dem sich stark vergrößernden Bulbus cordis gehen hervor: trabekulärer Teil d. rechten Ventrikels, Conus cordis (glatter Teil beider Ventrikel), Truncus arteriosus (= gemeinsamer Stamm von Aorta u. Truncus pulmonalis)

Die dorsal nach lateral ausgedehnten Atriumabschnitte legen sich von dorsal um dem Truncus-Abschnitt → Herzohren

Rechtsakzentuierung und Einbau des Sinus venosus in den re. Vorhof;

Re. und li. Sinushorn

einmündende Venen aus Venensystemen: Kardinalvenen, Nabelschnurvene, Dottersackvenen

aus der re. V. cardinalis anterior: V. cava superior; aus der re. Dottersackvene: V. cava

inferior, aus der li. Nabelvene: Lig. teres hepatis, Lig. venosum

Anastomose zwischen den Vv. cardinales anteriores: Li. V. brachiocephalica

Aus Sinus Venosus: Glatter Hinterwandabschnitt des re. Vorhofs plus Valvula venae cavae inferioris (Valvula Eustachii) und Valvula sinus coronarii (Valvula Thebesii)

Entwicklung der 4 Pulmonalvenen

Noch unterschiedliche Ansichten: aus dem li. Vorhof entstehend oder bei Bildung im dorsalen Mesokard

Herzentwicklung - Septierung

Schon vor der Trennung des "linken" und "rechten Herzens" durch Septen zwei sich überkreuzende Blutströme

Interatriale Septierung

Septierung von cranial aus: zunächst Septum primum dann rechts davon Septum secundum
Septum primum mit zunächst Foramen primum (Verschluss unter Beteiligung der Endokardkissen) u. dann mit Foramen secundum, beweglich

Septum secundum mit Foramen ovale, rigide

Foramen ovale Ventilmechanismus; fetal offen = re.-li.-Shunt; mit den ersten Atemzügen (Lungengefäßwiderstand sinkt → Umkehr der Druckverhältnisse im Herzen; nun li. Vorhofdruck > re. Vorhofdruck) zunächst funktionell dann anatomisch verschlossen = Fossa ovalis; bei 25% der Bevölkerung Foramen ovale zeitlebens nur funktionell verschlossen (Gefahr re.-li.-Shunt u. paradoxe Embolie z.B. bei Druckerhöhung im re. Herzen bei Staublunge)

Wenn Septum secundum ungenügend entwickelt oder Foramen secundum zu groß → ASDII

Wenn Foramen primum nicht verschlossen → ASDI

Septierung im Atrioventrikularkanal

Vorderes und hinteres Endokardkissen (Verdickungen der Herzgallerte)

Interventrikuläre Septierung

Ventrikelseptum Pars muscularis u. Pars membranacea

Pars muscularis vom Kammerboden aus; zunächst Foramen interventriculare (bis 7te Wo); dann Bildung der Pars membranacea (beteiligt re. u. li. Conus-Wulst (Conus-Septum) und dorsales Endokardkissen)

Ventrikelseptumdefekt = häufigster angeborene Herzfehler; meist im Bereich der Pars membranacea (azyanotisch, li.-re.-Shunt)

Da Cuspis septalis von der Pars membranacea entspringend; Tiefstand der Trikuspidalklappe = Übertritt von Blut auch in den rechten Vorhof (siehe auch Septum atrioventriculare)

Septierung der Ausflussbahn (des Conus cordis u. Truncus arteriosus)

Bildung des Septum aorticopulmonale durch re. u. li. Conus- sowie Truncus-Wülste

Bildung der Conus- u. Truncus-Wülste u.a. durch einwandernde Neuralleistenzellen

Bei Störung von deren Proliferation, Einwanderung oder Differenzierung:

- Persistierender Truncus arteriosus communis
- Transposition der großen Gefäße (Aorta / Truncus pulmonalis)
- Valvuläre Pulmonalklappenstenose
- Fallot Tetralogie = kombiniertes Herzvitium (zyanotisch; re.-li.-Shunt; blue babies!)

hoher Ventrikelseptumdefekt

"reitende" Aorta (Rechtsverlagerung der Aorta; über dem Defekt)

subvalvuläre Pulmonalklappenstenose

Hypertrophie des re. Ventrikels

Entwicklung der herznahen großen Arterien

2 ventrale und 2 dorsale Aorten sowie 6 paarige Aortenbögen (Schlundbogenarterien) als Verbindungen zw. dem Herzen und den beiden dorsalen Aorten; nie all gleichzeitig vorkommend, cranio-caudaler Entwicklungs- und Rückbildungsgradient

Schlundbogenarterie	rechts	links
I.	überwiegend Rückbildung (partiell A. maxillaris)	
II.	überwiegend Rückbildung (partiell A. stapedia; A. hyoidea)	
III.	partiell A. carotis interna	
IV.	partiell A. subclavia dextra Tr. brachiocephalicus	partiell Aortenbogen
V.	rudimentär angelegt; Rückbildung	
VI.	proximal: A pulmonalis dextra distal: Rückbildung deshalb re. N. vagus A. subclavia	proximal: A pulmonalis sinistra distal: Ductus arteriosus deshalb li. N. vagus Aortenbogen

Apropos: A. carotis interna aus der ventralen Aorta

Klinik: *A. lusoria*: IV. rechte Schlundbogenarterie rückgebildet / verschlossen → distaler Teil der rechten dorsalen Aorta erhalten → rückläufig durchströmt; bildet:

A. subclavia dexter als letzten Hauptstamm des Aortenbogens distal der A. subclavia sinister entspringend; retroösophageal nach rechts verlaufend → Dysphagia lusoria; *Ductus arteriosus persistens (apertus)*; *präduktale und postduktale Aortenisthmusstenose*; Aortenisthmus normalerweise zwischen linkem A. subclavia-Abgang u. der Ductus arteriosus Botalli-Einmündung

Entwicklung von großen Arterien im Bauch und Beckenraum

Dottersackarterien (Aa. vitellinae; Aa. omphalomesentericae) → Truncus coeliacus; Aa. mesentericae superior und inferior

Nabelarterien (Aa. umbilicales) aus dem proximalen Abschnitt: Aa. iliaca interna, Aa. vesicales superiores, Aa. ductus deferentis (nur beim Mann); aus dem distalen Abschnitt: Ligg. umbilicalia

Fetaler Kreislauf

Merke: Die fetalen Organe erhalten kein rein oxygeniertes Blut (Ausnahme Teile der fetalen Leber); primär Wachstum u. Differenzierung (noch keine spezifische Organfunktion)
Plazenta erfüllt u.a. die Aufgaben der fetalen Lunge u. der fetalen Leber

3 Shunts: (1) Ductus venosus Arantii (teilweise Umgehung der fetalen Leber); (2) Foramen ovale u. (3) Ductus arteriosus Botalli (Umgehung der fetalen Lunge)

Nabelschnurgefäße: V. umbilicalis (oxygeniertes Blut, langsamer, teils unvollständiger Verschluss nach der Geburt (Blutaustauschtherapie über die Nabelvene!) → Lig. teres hepatis); Aa. umbilicales (desoxygeniertes Blut, proximaler Teil: Aa. vesicales superiores; Aa. ductus deferentis [nur beim Mann]; distaler Teil: Ligg. umbilicalia medialis)

Ductus venosus Arantii nach der Geburt: Lig. venosum in Fissura ductus venosi

Ductus arteriosus Botalli nach der Geburt: Lig. arteriosum Botalli

Merke Herz u. Kopf werden im Fötus bevorzugt mit oxygeniertem Blut versorgt; obere Körperhälfte wächst schneller als untere!

Lymphgefäßsystem

nur in einer Richtung; Wasserlast u. immunkompetente Lymphozyten; wasserhell; Ausnahme Chylus (Darmlymphe) milchigtrüb (Fette!); Kapillaren → Leitgefäß → Transportgefäß → zentraler Lymphstamm; Wächter-, regionäre-, Sammel-Lkn.; Klappen ab dem Leitgefäß

Ductus thoracicus: Lymphe aus dem ganzen unteren Körperbereich sowie dem linken Kopf- und Armbereich; mündet in den linken Venenwinkel

re. jugulärer bzw. axillärer Lymphplexus (Ductus lymphaticus dexter): Lymphe aus dem rechten Kopf- und Armbereich; mündet in den rechten Venenwinkel

Entwicklung der Lymphgefäße: aus Hämangioblasten (wie die Blutgefäße!); mit der Entwicklung der Venen eng verknüpft; Lymphsäcke → Lymphknoten; Lymphplexen → Lymphgefäße; Entwicklung zunächst bilateral symmetrisch, dann asymmetrisch