

1. Inhaltsverzeichnis

Kapitel	Thema	Seite/n
1	Inhaltsverzeichnis	1-3
2	Einführung in die Histologie, Epithelien	4-6
2.1	Ein- und mehrschichtiges Plattenepithel, Cornea	4
2.2	Kubisches Epithel, Niere quer	5
2.3	Flimmerepithel, Rachenschleimhaut	5
2.4	EM Bürstensaum des Dünndarms	6
2.5	Übergangsepithel, Ureter	6
3	Haut	7-8
3.1	Haut der Fingerbeere/Leistenhaut	7-8
4	Bindegewebe	8-10
4.1	Nabelstrang quer	8-9
4.2	Retikuläre Fasern, Lymphknoten	9
4.3	Kollagenfibrillen längs	10
4.4	Elastisches Nackenband längs	10
5	Fettgewebe	11
5.1	Fettgewebe im Schnitt	11
6	Stützgewebe: Knorpel	12-13
6.1	Rippenknorpel quer	12
6.2	Elastischer Knorpel, Ohr	12-13
6.3	Faserknorpel	13
7	Stützgewebe: Knochen	13-17
7.1	Röhrenknochen, Querschliff	13-14
7.2	Deckknochenbildung	15
7.3	Ersatzknochenbildung, Epiphyse	15-16
7.4	Narbenverknöcherung mit Osteoklasten	16
7.5	Fingermittelgelenk längs	17
8	Muskelgewebe	17-19
8.1	Glatte Muskulatur, Vas deferens	17-18
8.2	Quergestreifte Skelettmuskulatur	18-19
8.3	Quergestreifte Herzmuskulatur	19-20
9	Nervengewebe	20-22
9.1	Isolierte Ganglienzelle, Rückenmark	20-21
9.2	Spinalganglion	21-22

9.3	Spinalnerv quer	22
9.4	Peripherer Nerv quer (EM)	22
10	Gefäße	23-24
10.1	Arterie	23-24
10.2	Vene	24
11	Blut	25-28
11.1	Blutausstrich	25-27
11.2	Knochenmarkausstrich	27-28
12	Lymphatisches System	29-33
12.1	Lymphknoten	29
12.2	Thymus	30
12.3	Milz	31-32
12.4	Tonsilla palatina	32-33
13	Zunge, Mundhöhle	33-36
13.1	Glandula parotis	33-34
13.2	Glandula submandibularis	34
13.3	Zunge-Papillae filiformes linguae	35
13.4	Lippe, längs	36
14	Zähne	36-39
14.1	Zahn	36-38
14.2	Zahnentwicklung	38-39
15	Magen-Darm-Trakt	39-45
15.1	Magen-Darm-Trakt	39-40
15.2	Oesophagus	40
15.3	Magen	41-43
15.4	Dünndarm	43-44
15.5	Dickdarm	45
15.6	Appendix vermiformis	45
16	Pankreas	46-47
16.1	Pankreas	46-47
17	Leber, Gallenblase	47-49
17.1	Leber	47-49
17.2	Gallenblase	49
18	Lunge	49-51
18.1	Trachea quer	49-50
18.2	Lunge	50-51
19	Niere	51-54

19.1	Niere	51-53
19.2	Ureter	53-54
19.3	Harnblase	54
20	Fortpflanzungsorgane, männlich	54-57
20.1	Hoden	54-56
20.2	Nebenhoden	56-57
20.3	Prostata	57
20.4	Glandula vesiculosa	57
21	Fortpflanzungsorgane, weiblich	58-63
21.1	Ovar mit Corpus Luteum	58-59
21.2	Tuba uterina, quer	59
21.3	Uterus	60
21.4	Uterus-Vagina	61
21.5	Placenta reif	61-62
21.6	Mamma non lactans	62
21.7	Mamma lactans	62-63
22	Endokrine Organe	63-65
22.1	Hypophyse	63-64
22.3	Glandula thyroidea	64
22.4	Epithelkörperchen (Gll. parathyroideae)	64-65
22.5	Nebenniere (Gl. suprarenalis)	65
23	Sinnesorgane	65-67
23.1	Auge	65-67
23.2	Das Augenlid	67
24	Literaturverzeichnis	68
24.1	Literaturquellen	68
24.2	Internetquellen	68

2. Einführung in die Histologie, Epithelien

2.1 Ein- und mehrschichtiges Plattenepithel, Cornea

Im Präparat der Cornea erkennt man sowohl einen einschichtigen als auch einen mehrschichtigen unverhornten Plattenepithelsanteil, die durch zwei Basallaminae und Bindegewebe voneinander getrennt sind.

Das vordere Hornhautepithel bezeichnet man dabei als mehrschichtig unverhorntes Plattenepithel. Es lässt sich in drei Zellschichten gliedern:

Stratum superficiale

Oberflächenbedeckung mit Schutzfunktion, denn hier schilfern Zellen ab. Es ist als äußerste Schicht direkt der Reibung des Augenlids ausgesetzt.

Stratum intermedium / Stratum spinosum:

Das Stratum spinosum wird auch als vielschichtige Stachelzellschicht bezeichnet, da die polygonalen Zellen stachelartiges Aussehen aufweisen. Die Zellen sind durch weite Interzellularräume voneinander getrennt und sind durch Desmosomen untereinander verbunden.

Stratum basale:

Das Stratum basale ist eine Zellschicht isoprismatischer basophiler Zellen mit großen Zellkernen, die direkt der Basallamina (Bowman-Membran) aufliegt. Aus dem Stratum basale geschieht die Regeneration der oberflächlicheren Zellschichten. Die Basalzellen gelangen nach Epithelabschilferungen in die oberen Epithellagen, um die abgestoßenen Zellen zu ersetzen.

Stratum spinosum und Stratum basale werden im Fachterminus als Stratum germinativum zusammengefasst.

Im Präparat wird das mehrschichtig unverhornte Plattenepithel durch die Bowman-Kapsel vom Stroma abgetrennt.

An das Stroma schließt sich eine zweite Basallamina (Descemet-Membran) an, die der Verankerung des einschichtigen Plattenepithels dient.

Das Stroma corneae ist gefäßfreies Bindegewebe, das mit Kollagenfibrillen und Glykosaminoglykanen durchsetzt ist. Zum Teil sind im Präparat Fibrozyten erkennbar. Eine Einwanderung von Blutgefäßen in das Stroma corneae stellt eine pathologische Veränderung des Bindegewebes mit einhergehender Blindheit dar.

2.2 Kubisches Epithel, Niere quer

Im Querschnitt durch die Nierenpapille lassen sich Blutkapillaren, Sammelrohre und Überleitungsstücke im Querschnitt erkennen.

Im gesamten Präparat ist einschichtiges, isoprismatisches Epithel zu sehen. Das Cytoplasma ist hell, die Zellkerne gut sichtbar.

Sammelrohre

Das Lumen wird aus circa 10 zusammengelagerten Zellen gebildet. Die Zellkerne sind rotgefärbt und kugelförmig.

Überleitungsstück, mittlerer aufsteigender Teil der Henle-Schleife

Das Lumen wird aus ca. 1-5 zusammengelagerten Zellen gebildet. Die Zellen haben runde Zellkerne und lassen sich so von Blutkapillaren abgrenzen.

Das Epithel erscheint bräunlich aufgrund des Cytochrom-C's der vielen Mitochondrien im Epithel.

Blutkapillaren

Im Querschnittpräparat sind arterielle und venöse Vasa rectae als dünnwandige Rohre zu erkennen. Sie haben eine einkernige flache Endothelschicht.

2.3 Flimmerepithel, Rachenschleimhaut

Im respiratorischen Epithel liegt ein mehrreihiges hochprismatisches Epithel vor.

Im mehrreihigen Epithel besitzen alle Zellen direkten Kontakt zur Basallamina, jedoch hat nicht jede Zelle Kontakt zur Oberfläche.

Im Lichtmikroskop lassen sich drei Zellreihen unterscheiden, die von außen nach innen wie folgt geschichtet sind:

- 1) Kinozilientragende Zellen sind schmal und hoch. Der Kinoziliensaum dient der Bewegung von Sekret innerhalb des Respirationstraktes. Die Kinetosomen dieser Zellen sind als dunkler Basalkörperchensaum deutlich zu erkennen.
- 2) Muzin bzw. Sekretgranula sezernierende Becherzellen. Optisch lassen sich dunkle von hellen Zellen unterscheiden: Die hellgefärbten sind muzinnegative, die dunklen muzinpositive Becherzellen.
- 3) Intermediärzellen.
- 4) Basalzellen, die der Regeneration dienen.

Das respiratorische Epithel sitzt auf einer Lamina propria mucosae aus lockerem Bindegewebe, in die seromuköse Trachealdrüsen (Glandulae tracheales) sowie Blutgefäße eingebettet sind.

2.4 EM Bürstensaum des Dünndarms

Im Präparat sind längs und quergetroffene Mikrovilli mit Glykokalixüberzug zu sehen.

Mikrovilli (lateinisch villus = Zotte) sind faden-, bzw. fingerförmige Zellfortsätze, die aus einem Aktinfilament-Gerüst aufgebaut sind. Im Gegensatz zu Kinozilien sind sie unbeweglich und dienen nicht dem Transport, sondern der Oberflächenvergrößerung.

In die Membran sind sogenannte Rezeptorproteine eingelagert als Andockstelle für spezifische Stoffe, die eine Zellreaktion auslösen können.

Ebenso sind Kanäle und Transporter bestimmter Moleküle in die Membran eingelagert, sodass durch Oberflächenvergrößerung ein gesteigerter Stoffaustausch möglich ist. Mikrovilli findet man dort, wo Resorption stattfindet.

Die Mikrovilli tragen eine Schicht aus Glykoproteinen, Proteinen und Zuckerresten. Dieser Überzug wird als Glykokalix bezeichnet und dient der Zellerkennung und spielt eine Rolle bei der Zellanheftung. Die Glykokalix hat Antigeneigenschaften.

2.5 Übergangsepithel, Ureter

Das Übergangsepithel, auch Urothel genannt, weist sowohl Eigenschaften eines mehrreihigen als auch eines mehrschichtigen Epithels auf, weshalb eine eindeutige Einordnung nicht möglich ist. Es dient der Auskleidung der ableitenden Harnwege. Dazu zählen: Nierenbecken, Harnleiter, Harnblase und die Harnröhre.

Gekennzeichnet ist dieses Epithel durch eine hohe Bereitschaft zur Dehnung und ist damit angepasst an starke Volumenschwankungen und Dehnungszustände.

Die Harnblase beispielsweise kann mehr als 1,5l Urin sammeln, obwohl bereits bei 350-700 ml starker Harndrang einsetzt.

Schichtaufbau von außen nach innen:

- 1) Oberflächliche Schicht aus Deckzellen. Deckzellen, auch umbrella cells (Regenschirmzellen) bezeichnet, sind polyploide Zellen, die einen Crustaüberzug tragen. Diese Proteoglykane dienen als osmotischer Zellschutz vor dem elektrolytreichen Harn. Die Deckzellen haben einen direkten Kontakt zur Basallamina und können zweikernig sein. Untereinander sind sie durch tight junctions miteinander verbunden.
- 2) Intermediärzellen: Zellen mit irregulärer Form und großen Interzellularräumen für den Dehnungsanspruch des Epithels. Sie haben direkten Kontakt zur Basallamina.
- 3) Basalzellen liegen als isoprismatische Zellschicht direkt der Basallamina auf und dienen als Regenerationszellen des Epithels.

An die Basallamina schließt sich Bindegewebe an, das im Präparat von glatter Muskulatur umgeben ist (dient dem Harntransport).

3.

Haut

Haut der Fingerbeere/Leistenhaut

Das Präparat „Haut der Fingerbeere“ lässt sich dem mehrschichtig verhornten Plattenepithel zuordnen.

Es gliedert sich von außen nach innen in 3 Schichten: Epidermis, Dermis/Corium und Subkutis. Epidermis und Dermis werden als Kutis zusammengefasst.

Funktionen der Haut: *Sinnesfunktion* (Druck-, Vibrations-, Tast-, Berührungs- Temperatur-, Schmerzempfindung), *Schutzfunktion* (Säuremantel gegen Bakterien, Schutz vor Chemikalien, Wasserverlust, Strahlen und mechanischer Belastung), *Isolation* (Wärmeregulierung, Hitze/Kälte), *Sekretion*, *Energiespeicher*.

Die einzelnen Schichten der Fingerbeerenhaut lassen sich in weitere Unterschichten teilen:

Epidermis:

Die Epidermis ist gefäßfrei und wird durch Diffusion aus der Dermis versorgt.

- 1) Stratum corneum: Das Stratum corneum ist mehrschichtig verhorntes Plattenepithel und besteht aus amorphen toten Zellen. Sie werden als Korneozyten bezeichnet. Da sie die Oberfläche der Epidermis bilden, sind sie der direkten Reibung ausgesetzt und im Präparat stark abgeschilfert.
- 2) Stratum lucidum: Das Stratum lucidum ist eine eosinophile Schicht und nur in der Leistenhaut vorhanden. Es ist eine sehr hell erscheinende, leuchtende Fettschicht, die bereits totes Zellmaterial enthält.
- 3) Stratum granulosum: Das Stratum granulosum ist eine Zellschicht mit viel basophiler Keratohyalin granula. Diese Keratohyalinkörnchen stellen eine Vorstufe der Matrixsubstanz im Keratin dar. Die Zellen sind durch tight junctions verbunden. Die Zellen sezernieren Lipide, um die Interzellularspalten zu versiegeln. Diese Eigenschaft führt zum Schutz vor Wasserverlust.
- 4) Stratum spinosum: Das Stratum spinosum, auch Stachelzellschicht bezeichnet, besteht aus polygonalen Zellen, deren Ausläufer an der Spitze viele Desmosomen zur Zell-Zellverankerung tragen. Das Zytoplasma ist rötlich gefärbt. Die Zellen haben einen zentralständigen Zellkern. Des Weiteren sind Langerhanszellen als antigenpräsentierende Zellen vorhanden.
- 5) Stratum basale: Das Stratum basale ist die isoprismatische Stammzellschicht. Aus ihr geht die Erneuerung oberflächlicherer Zellschichten hervor. Melanozyten, die Hautpigmentzellen, sind in dieser Schicht anzutreffen. Melanozyten entstehen aus der Neuralleiste und dienen dem UV-Strahlenschutz. Sie synthetisieren Melanin, welches zu einer dunklen Hautfarbe führt. Je dunkler die Haut, desto höher ist die Melanin-Syntheserate. Die Melanozytenanzahl ist nicht für die Hautfarbenausprägung verantwortlich.

Im Stratum basale befinden sich die sogenannten Merkelzellen; sie sind Drucksensoren und dienen als Mechanorezeptoren der taktilen Wahrnehmung. Daneben befinden sich in dieser Zellschicht Langerhans-Zellen, diese inaktiven dendritische Zellen sind antigenpräsentierende Zellen. Eine Aktivierung und Differenzierung zu reifen dendritischen Zellen erfolgt erst nach Antigenkontakt.

Dermis/Corium

Die Dermis wird von einem subepidermalen und einem tiefen dermalen Gefäßplexus versorgt. Zur Verankerung an die Epidermis lässt sich die Dermis in 2 Schichten unterteilen:

- 1) Stratum papillare: Im Mikroskop lassen sich in dieser Schicht zapfenartige Epidermisausläufer in die Dermis erkennen. Diese zapfenartigen Epidermiserweiterungen nennt man Papillen oder Reteleisten. Das Stratum papillare besteht aus lockerem Bindegewebe, Kollagen Typ III und elastischen Fasern. Meissner-Tastkörperchen dienen der Sensorik für Tastempfindung. In den Fingerspitzen zum Beispiel kommen sie sehr verdichtet vor. Auch sogenannte Ruffini-Körperchen finden sich in der Leistenhaut zur Sensorik. Sie leiten Druckempfindungen über Anheftungen an Kollagenfibrillen direkt an Axonenden weiter.
- 2) Stratum reticulare: Das Stratum reticulare besteht aus straffem geflechtartigem Bindegewebe aus Kollagen Typ I und elastischen Fasern.

Subcutis

Unter der Dermis befindet sich die Subcutis, eine Bindegewebs- und Fettgewebsschicht, in die Gefäße und Nerven eingelagert sind. Funktion der Subcutis ist ein Druckpolster und eine Verschiebeschicht. In das Bindegewebe sind des Weiteren Hautdrüsen und Haarfollikel eingebettet. Die Haarfollikel dienen der Wahrnehmung von Berührungen, da die Auslenkung des Haares registriert wird.

Die für die Vibrationsempfindung notwendigen Vater-Paccini-Körperchen liegen ebenfalls in der Subcutis.

4. Bindegewebe

4.1 Nabelstrang quer

Das Bindegewebe im Präparat lässt sich dem gallertigen Bindegewebe zuordnen. Man bezeichnet es auch als Wharton Sulze, wobei nicht-sulfatierte Glykosaminoglykane (Hyaluronan oder Hyaluronsäure) Wasser binden und dem Gewebe eine geleeartige Konsistenz verleihen. Aufgebaut ist es aus Fibrozyten, die sternförmig miteinander verbunden sind und retikulären und kollagenen Fasern. Die Zellkerne der Fibrozyten sind rotgefärbt erkennbar, die Kollagenfasern blau. Das Bindegewebe an sich ist gefäßfrei und wird durch Diffusion ernährt.

Eingebettet in das Bindegewebe sind eine Vena umbilicalis, zwei Arteriae umbilicales und der Allantoisgang.

Die Vena umbilicalis liefert sauerstoffreiches, arterielles Blut. Beim Erwachsenen liegt das Gefäß verodet als bindegewebiger Strang, dem Ligamentum teres hepatis, vor. Der beim Fetus vorhandene Leberumgehungsweg obliteriert ebenfalls und bleibt als Ductus venosus zwischen Vena umbilicalis und Vena cava inferior vorhanden.

Die Arteriae umbilicales, die venöses Blut führen, veröden direkt nach der Geburt und liegen in der Plica umbilicalis medialis.

Als Allantoisgang bezeichnet man eine Dottersackvorwölbung in das extraembryonale Mesoderm. Der Urachus verbindet den Allantoisgang mit der Harnblase. Bei einem fehlerhaften Verschluss tritt eine sogenannte Urachusfistel auf, bei der Harn aus dem Nabel austritt. Der Urachus liegt nach der Geburt obliteriert in der Plica umbilicalis mediana.

Der Nabelstrang ist von Außen ausschließlich durch das einschichtige platte bis isoprismatische Amnionepithel umgeben.

4.2 Retikuläre Fasern, Lymphknoten

Im Präparat liegt ein Schnitt durch einen Lymphknoten vor. Lymphknoten gehören zu den sekundär lymphatischen Organen. Man unterscheidet regionäre und Sammellymphknoten, wobei die regionären Lymphknoten in direkter Organnähe liegen und deren Lymphe filtern. Die durch regionäre Lymphknoten vorgereinigte Lymphe gelangt zu zentral gelegenen sogenannten Sammellymphknoten.

Am Lymphknoten unterscheidet man Cortex, Parakortikalzone und Medulla.

Außen ist der Lymphknoten von einer kollagenfaserigen Bindegewebskapsel umschlossen, von der Trabekel als Bindegewebssepten ins Lymphknoteninnere ziehen. Diese Kapsel ist dunkel gefärbt. Von den Trabekeln, die das größere Organnetz bilden, gehen feine silbergefärbte Retikulinfasern als Netzwerk der Retikulumzellen ab. In das Netzwerk sind Makrophagen und Lymphozyten zur Filterung der Lymphflüssigkeit eingebettet.

Die Retikulumzellen erkennt man an ihrer ovalen Form und dem helleren Zytoplasma, als es Lymphozyten besitzen. Sie bestehen aus Kollagen Typ III. Ihr Name (lat. Rete = Netz) beschreibt ihre netzartige Anordnung. Histologisch lassen sie sich immer an der Silberfärbung erkennen. Sie sind argyrophil.

Es gibt mehrere zuführende Lymphgefäße = Vasa afferentia, die die Kapsel durchbrechen. Die Mündungsstellen für die Vasa afferentia des Lymphknotens liegen im Randsinus = Sinus marginalis, einer hellen Schicht zwischen Kapsel und Rinde.

Die Lymphe verlässt den Lymphknoten am Hilum über das Vas efferens, wo sich ebenfalls die Ein- und Austrittstellen für Blutgefäße befinden.

Die Lymphsinus sind die Lymphstombahnen innerhalb des Lymphknotens. Die Lymphe gelangt vom Randsinus (Marginalsinus) über den Intermediärsinus in den Marksinus. Schließlich fließt sie in den Terminalsinus und erreicht das Vas afferens.

4.3 Kollagenfibrillen längs

Kollagen ist das häufigste Bindegewebe des Körpers mit einem Anteil von 30% aller Bindegewebe. Die wichtigsten Aminosäuren des Kollagens sind Glycin, Prolin und Hydroxyprolin.

Kollagen sorgt für Zugfestigkeit, welche bei Kollagenfasern größer ist als bei Stahl.

Dennoch ist es ein biegsames Bindegewebe, denn neben der starken Zugfestigkeit besitzt es keinen Biege- und Torsionswiderstand, was es sehr flexibel macht.

Kollagenfasern sind unverzweigt; sie verlaufen häufig gebündelt und sind in histologischen Präparaten meist an ihrem welligen Verlauf erkennbar.

Aufgebaut sind Kollagenfasern aus Bündeln von Kollagenfibrillen. Diese Kollagenfibrillen sind zusammengelagerte Tropokollagenmoleküle, die aus 3 umeinandergewundenen Polypeptidketten bestehen.

In der EM-Aufnahme sind Kollagenfibrillen des Typs I zu sehen, sie sind längs und quer angeschnitten.

Erkennbar sind sie an der regelhaften Abfolge heller- und dunklergefärbter Abschnitte, die mit einer Periodizität von 64-67nm auftreten.

Die Färbung liegt an sogenannten Spalträumen, die teilweise Färbemittel aufnehmen können und solchen Spalträumen, die nicht anfärbbar sind. Schwermetalle werden dabei an die Aminosäuren angeheftet.

Ebenfalls in der EM-Aufnahme des peripheren Nerven quer sind zahlreiche quer- und längsgetroffene Kollagenfibrillen des Typs I anzutreffen.

4.4 Elastisches Nackenband längs

Elastische Fasern bestehen aus dicken parallelfaserigen elastischen Bündeln, die untereinander verzweigt sind und wellig verlaufen. Umhüllt sind elastische Fasern von lockerem Bindegewebe und abgeplatteten Fibrozyten.

Im Präparat sind 2 unterschiedliche Faserarten an der Färbung erkennbar. Elastische Fasern sind gelb und Kollagenfasern rot angefärbt.

Die elastischen Fasern haben einen Durchmesser von circa 1 - 4 μm . Sie bestehen aus einer Fibrillenhülle außen, die mit amorphem Elastin ausgefüllt ist. Elastische Fasern sind ähnlich wie ein Gummiband zugestreckt und lassen sich auf bis zu 250% der Ursprungslänge dehnen. Sie können nach dem Dehnen wieder die Ausgangslänge einnehmen; man nennt sie reversibel dehnbar.

Die Kollagenfasern kommen immer gekoppelt mit elastischen Fasern vor. Sie bestehen aus Kollagen Typ I und dienen als Dehnungsschutz. Da sie zugestreckt sind verhindern sie eine Überdehnung der elastischen Fasern.

Elastische Fasern findet man z.B. in der Wand der Lunge, einem sehr dehnbaren Organ. Ebenso in herznahen arteriellen Blutgefäßen sind sie in die Wände eingelagert und sind an der Windkesselfunktion beteiligt.

5.

Fettgewebe

5.1 Fettgewebe im Schnitt

Fettgewebe dient im menschlichen Körper als Energiereservoir, zur Thermoisolierung und als Mechanoschutzfunktion.

Man unterteilt Fettgewebe in weißes univakuoläres und braunes plurivakuoläres Fettgewebe.

Univakuoläres Fettgewebe:

Univakuoläres Fettgewebe besteht aus Adipozyten. Sie liegen im Präparat in Siegelringform vor. Das bedeutet: sie sind kugelförmig und ihr Zellkern liegt abgeplattet am Rand des Adipozyten.

Adipozyten sind 100µm große teilungsunfähige Zellen.

Sie sind von einem retikulären Faserstrumpf aus Kollagen des Typs III umgeben und besitzen eine Basallamina.

Das Fett, das durch die Alkoholeinbettung aus dem Präparat gelöst ist, liegt in situ in einer großen Vakuole, die aus Intermediärfilamenten besteht und keine Membran besitzt.

Dieses Fettgewebe ist gut vaskularisiert; pro Adipozyt ist im histologischen Präparat eine Blutkapillare erkennbar.

Das weiße Fett hat neben den oben genannten Funktionen Hormonproduktionsaufgaben. Die Hormone Östrogen und Leptin werden von Adipozyten gebildet. Es ist ein stoffwechselaktives Gewebe.

Weißes Fett, das man auch als Baufett bezeichnet, kommt subdermal überall im Körper, außer am Augenlid, Penis, Skrotum und Ohr läppchen vor. Frauen haben einen Körperfettanteil von circa 25-40%, Männer von 15-25%.

Adipozyten entstehen aus pluripotenten mesenchymalen Stammzellen, sogenannten Adipoblasten, die im Aufbau von Mesenchymzellen nicht zu unterscheiden sind.

Plurivakuoläres Fettgewebe:

Plurivakuoläres Fettgewebe ist bräunlich gefärbt. Dies lässt sich anhand der besonderen Funktion des Gewebes erklären.

Braunes Fettgewebe dient bei Säuglingen sowie bei Winterschläfern zur Wärmeproduktion. Dabei sind sie von der Atmungskette entkoppelt. Die Energie wird durch Mitochondrien umgesetzt. Das in ihnen enthaltene Cytochrom C ist braun gefärbt und färbt auch das Gewebe.

Nach der Geburt wird das Gewebe beim Menschen nicht mehr gebildet. Die Zellen sind polygonal und haben einen Durchmesser von 15µm. Das Zytoplasma beinhaltet viele Fetttropfen, die durch Gap-junctions miteinander verbunden sind.

6. Stützgewebe: Knorpel

6.1 Rippenknorpel quer

Rippenknorpel besteht aus sogenanntem hyalinem Knorpel. Dieser Knorpel hat als Stützgewebe formgebende und druckelastische Funktion. Die Zellen des Knorpels werden als Chondrozyten bezeichnet, zwischen denen eine Interzellulärsubstanz liegt.

Die Interzellulärsubstanz besteht aus maskierten Kollagenfasern des Typs II, die bei Knorpeldegeneration demaskieren und den Proteoglykanen Aggrecan und Hyaluronan. Diese sind hydrophil und binden Wasser in das Gewebe. Knorpel hat einen Wasseranteil von 70%, was zu der Elastizität des Gewebes führt. Die bei Knorpeldegeneration sichtbaren Kollagenfasern werden als Asbestfasern bezeichnet.

Die Chondrozyten entstehen aus Mesenchymzellen, die sich zu Chondroblasten umbilden. Chondroblasten sind die aktiven Knorpelzellen, die Interzellulärsubstanz absondern können. Im fertigen Knorpel liegen sie von einer basophilen Knorpelkapsel aus Chondrotinsulfat und Keratansulfat und dem Knorpelhof umgeben in isogenen Gruppen, sogenannten Chondronen oder Territorien, zusammen. Man nennt sie nun Chondrozyten. Der Knorpelhof ist im Präparat hell.

Von außen ist der Knorpel von einer dichten Bindegewebsschicht, dem Perichondrium, umgeben, aus welchem die Ernährung des Knorpels per diffusionem hervorgeht, denn hyaliner Knorpel ist nicht vaskularisiert.

Perichondrium:

Das Perichondrium besteht aus zwei Schichten, dem Stratum fibrosum, einer äußeren Faserschicht zum Schutz des Gewebes und dem Stratum chondrogenicum, in dem Stammzellen vorhanden sind und eine Knorpelregeneration ermöglichen.

Das Perichondrium ist bei Gelenkknorpel nicht vorhanden.

Hyaliner Knorpel ist außer im Rippenknorpel und Gelenkknorpel in den Atemwegen (Trachea, Bronchien, Nasenseptum, Kehlkopfskelett), den Wachstumsplatten, sowie dem Primordialskelett (Vorstufe der Knorpelsubstanzen, die der enchondralen Ossifikation unterliegen) vorhanden.

6.2 Elastischer Knorpel, Ohr

Der elastische Knorpel ähnelt in seinem Aufbau stark dem des hyalinen Knorpels.

Unterscheidungsmerkmale sind Netze aus demaskierten elastischen Fasern, die bis in das Perichondrium einstrahlen und in der interterritorialen Matrix erkennbar sind, sowie aus maskierten Kollagenfasern des Typs II.

Die isogenen Chondron-Gruppen sind kleiner, d.h. sie bestehen aus einer geringeren Anzahl von zusammengelagerten Chondrozyten. Sie sind mit 1-3 Chondrozyten zellärmer. Sie sind ebenso wie

im hyalinen Knorpel von einer Knorpelkapsel und einem Knorpelhof umgeben. Die Abstände zwischen den Chondronen sind im Vergleich kleiner.

Elastischer Knorpel ist druck- und biegeelastisch. Er gehört zu dem elastischen knorpeligen Stützgewebe und kommt in der Ohrmuschel, dem äußeren Gehörgang, Tuba auditiva, Epiglottis, kleinen Kehlkopfknorpeln und kleinsten Bronchien vor.

6.3 Faserknorpel

Das Präparat des Faserknorpels, Anulus fibrosus, zeichnet sich durch wenig Knorpelmatrix und Chondrozyten und einen großen Anteil an Kollagenfasern aus. Die Kollagenfasern Typ I und II sind demaskiert. Somit liegt eine Kombination aus straffem, zugfestem, kollagenem Bindegewebe und druckelastischem Knorpel vor.

In Gewebebeanspruchungsrichtung verlaufen auch die Kollagenfibrillen, was im Mikroskop erkennbar ist.

Zwischen die Kollagenfibrillen sind meist einzeln liegende Chondrozyten eingelagert; selten liegen sie in isogenen Gruppen von 1-2 Chondrozyten zusammen. In diesem Fall sind sie von einer basophilen Knorpelkapsel und einem Knorpelhof umgeben.

Faserknorpel besitzt kein Perichondrium, das normalerweise die Ernährung per diffusionem z.B. beim hyalinen Knorpel übernimmt. Im Präparat ist jedoch eine Deckschicht aus hyalinem Knorpel erkennbar, der nur in der Zwischenwirbelscheibe vaskularisiert, ansonsten gefäßlos ist. Von hier wird der Faserknorpel durch Diffusion ernährt.

Man kann den Nucleus pulposus erkennen, einen halbflüssigen Kern aus weicher gelatinöser Matrix, der in der Mitte des Anulus fibrosus liegt und bei einem Discus-Prolaps aus dem aufgerissenen Faserknorpel entweicht und Druck auf die Spinalnerven ausüben kann.

7. Stützgewebe: Knochen

7.1 Röhrenknochen, Querschiff

Im Präparat des Röhrenknochens ist ein Schliff durch die Substantia compacta zu sehen.

Die Extrazellulärmatrix des Knochens besteht aus Kollagen Typ I und Hydroxylapatit-Kristallen. Sie sorgen für Biege-, Druck- und Zugfestigkeit des Stützgewebes.

Die Zellen, die im Knochen vorhanden sind, entstehen aus Mesenchymzellen, die sich zu Osteoblasten und Osteoklasten umbilden.

Osteoblasten sind die Knochensubstanzbildner. Sie synthetisieren Kollagen und regeln die Mineralisation. Aus mesenchymalen Stammzellen bilden sich Osteoprogenitorzellen, die Knochen Vorläuferzellen, die sich zu Osteoblasten formieren. Diese gelangen über das Gefäßsystem in den Knochen. Sie lagern um sich herum als Extrazellulärmatrix Chondritinsulfat ab und verschließen so das Gefäß.

Als Osteozyten bezeichnet man eingemauerte Osteoblasten. Sie liegen in Lacunen, von denen Canaliculi abgehen. Osteozyten sind über Gap-junctions miteinander verbunden.

Osteoklasten sind mehrkernige Riesenzellen, die in der Lage sind durch Säure und auf enzymatische Weise Knochensubstanz abzubauen.

Beim Knochen wird Lamellenknochen von Geflechtknochen unterschieden.

Im Geflechtknochen liegen gebündelte Kollagenfibrillen vor. Überall wo schnell Knochensubstanz gebildet wird, wie z.B. bei Frakturen, wird Geflechtknochen gebildet, der im Verlauf der Zeit von Lamellenknochen ersetzt wird. Lamellenknochen ist stabiler, leichter und insgesamt biomechanisch hochwertiger.

Der Lamellenknochen gliedert sich in Substantia spongiosa und Substantia compacta.

Die Substantia spongiosa ähnelt im histologischen Schnitt einem schwammartigen Aufbau. Die Lamellen verlaufen flächig, parallel zur Trabekeloberfläche. Da die Knochenbälkchen gefäßlos sind, wird die Substantia spongiosa durch feine Osteozytenfortsätze, die in feinen Knochenkanälchen vorkommen ernährt; die Fortsätze, die dem Stofftransport dienen, stehen untereinander über Gap junctions in Verbindung und sichern somit die Versorgung mit Nährstoffen.

Die Substantia compacta besteht aus Osteonen, 5-20 Lamellen, die konzentrisch um Blutgefäße angeordnet sind. In der Mitte eines jeden Osteons befindet sich ein sogenannter Havers-Kanal. Havers-Kanäle verschiedener Osteone sind über quer verlaufende Volkmann-Kanäle verbunden. Somit bildet die Substantia compacta ein dreidimensionales verbundenes Geflecht aus Knochensubstanz.

Um die Havers-Kanäle befinden sich Lamellen, die als Speziallamellen bezeichnet werden.

Zwischen den einzelnen Osteonen kann man im Präparat sogenannte Schaltlamellen erkennen; diese sind Reste abgestorbener und von Osteoklasten abgebauter Osteone.

Außen befindet sich die äußere Generallamelle.

Von innen wird die Knochenoberfläche durch Endost bedeckt. Dazu gehören die inneren Auskleidungen von Havers-Kanälen und Spongiosatrabekel.

Außen wird die Knochenoberfläche von Periost umgeben. Periost führt sowohl einen Gefäß- als auch einen Nervenplexus; somit ist es schmerzempfindlich. Bei einem Knochenbruch ist es die Knochenhaut, die schmerzt, da bei Knochensubstanz nur im Periost Nervenfasern verlaufen. Genau wie das Perichondrium besteht das Periost ebenfalls aus zwei Schichten: dem Stratum fibrosum, das aus straffem Bindegewebe mit Sharpey-Fasern besteht und dem Stratum osteogenicum. Aus dem Periost ziehen ständig neue Gefäße durch Osteoklastenabbau in den Knochen. Knochen befindet sich in ständigem Auf- und Abbau.

7.2 Deckknochenbildung

Knochenbildung kann auf zwei unterschiedliche Weisen geschehen. Durch direkte Ossifikation, bei der mesenchymale Stammzellen sich zu Osteoblasten umbilden oder durch enchondrale Ossifikation, bei der zuerst ein Stützgerüst aus Knorpel aufgebaut und sekundär durch Abbau zu Knochensubstanz wird.

Durch desmale Ossifikation werden platte Knochen gebildet. Dies sind Knochen des Schädeldachs, des Gesichtsschädels und die Clavicula. Zuerst bestehen sie aus Geflechtknochen, der im weiteren Verlauf zu Lamellenknochen umgebaut wird.

Mesenchymzellen bilden hochvaskularisierte Zellverbände, die über Zellfortsätze miteinander verbunden sind. Sie bilden amorphe Grundsubstanz und Kollagenfasern.

Die Mesenchymzellen bilden sich zu Vorläuferzellen um, sogenannten Osteoprogenitorzellen, welche sich wiederum zu Osteoblasten umbauen. Diese Osteoblasten liegen an der Oberfläche von eosinophilen Trabekeln und bilden Knochenbälkchen aus Osteoid. Nach dessen Mineralisation werden sie zu Osteozyten.

Desmale Ossifikation geschieht durch appositionelles Wachstum. Dabei wird weitere Knochensubstanz von außen angelagert. Eine Besonderheit stellt dabei das Wachstum des Schädels dar, bei dem die innere Schicht einem stetigen Abbau, die äußere Schicht einem ständigen Aufbau unterliegt.

7.3 Ersatzknochenbildung, Epiphyse

Ersatzknochenbildung, auch chondrale Ossifikation genannt, zeichnet sich dadurch aus, dass sich Mesenchymzellen zu Chondroblasten differenzieren und ein Primordialskelett aus hyalinem Knorpel bilden, das dann wiederum zu Knochen umgebaut wird.

Dieses Primordialskelett ist von einem Perichondrium umgeben, das an den Gelenkenden jedoch fehlt. Im Stratum chondrogenicum des Perichondriums liegen Vorläuferzellen, die zu Osteoblasten umgebildet werden und Osteoid in der Mitte des Knorpelschaftes bilden. Die Osteoidablagerung und Wachstumsfront geht bis zum Ende des Schaftes.

Das Perichondrium wird durch desmale Ossifikation zu Periost, der vaskularisierten und innervierten Knochenhaut.

Perichondral wird eine Knochenmanschette durch desmale Ossifikation um die Diaphyse gebildet, die in Epiphysenrichtung wächst. Hier findet das Breitenwachstum statt.

Endochondral differenzieren sich auf Höhe der Knochenmanschette Zellen zu hypertrophen Chondrozyten. Diese mineralisieren die interterritoriale Knorpelmatrix und führen so zu einem Gewebeumbau. Osteoklasten lösen Extrazellulärmatrix auf und geben Blutgefäßen die Möglichkeit, aus dem Periost heraus einzusprossen. Enchondrale Ossifikation dient dem Längenwachstum.

An der Wachstumsplatte unterscheidet man vier verschiedene Zonen des Längenwachstums:

Da die Ossifikation von den Ossifikationsfronten in Richtung Epiphyse geht, erkennt man eine Epiphysenfuge im Präparat. Diese ist auch im adulten Knochen als Epiphysennaht vorhanden. Im Moment ihres Verschlusses, wenn also die Proliferationsfront die Epiphysenfuge eingeholt hat, endet das Knochenwachstum.

- 1) Die Reservezone besteht aus hyalinem Knorpel. Hier liegen Chondrozyten auf Vorrat und teilen sich selten.
- 2) Die Proliferationsphase ist durch sehr teilungsaktive Chondrozyten gekennzeichnet. Da sie sich in Längsrichtung anordnen, mit dazwischenliegenden Longitudinal- und Transversalsepten, spricht man in dieser Teilungszone auch von Säulenknorpel. Sie ist im Bereich der Epiphyse gelegen.
- 3) In der Resorptionszone nehmen die Chondrozyten an Größe und Volumen zu. Da sie aufgebläht erscheinen, spricht man auch von Blasenknorpel und der hypertrophen Zone. Hier beginnen die hypertrophierten Chondrozyten mit einer Mineralisation der Longitudinalsepten, indem sie alkalische Phosphatase sezernieren und somit zu einer Verkalkung der Knorpelmatrix führen und primäre Knochenbälkchen ausbilden.
- 4) In der Eröffnungszone gehen die Chondrozyten zugrunde. Chondroklasten, spezialisierte Fresszellen und Makrophagen lösen dazu die Knorpelhöhlen auf; ihnen folgen Kapillaren und Osteoblasten aus dem Periost. Die Osteoblasten wiederum lagern Osteoid um sich herum ab und bilden somit die Knochengrundsubstanz.

7.4 Narbenverknöcherung mit Osteoklasten

Osteoklasten sind mehrkernige Riesenzellen, die aus der Fusion von bis zu 100 einkernigen Vorläuferzellen entstehen. Ein Osteoklast liegt in der sogenannten Howship-Lakune, einer Grube, die er in die mineralisierte extrazelluläre Knochenmatrix hineinfrißt. Dazu bedient er sich Säuren und knochensubstanzlösender Enzyme.

Zur Oberflächenvergrößerung besitzen Osteoklasten einen dichten Faltenbesatz, der durch eine Versiegelungszone seitlich abgeschlossen ist.

Die Aktivität der Osteoklasten wird über Hormone geregelt.

Wird aus den C-Zellen der Thyroidea (Schilddrüse) Calcitonin ausgeschüttet und liegt dieses Hormon im Blut erhöht vor, hemmt es die Aktivität der Osteoklasten. Calcitonin fördert so den Aufbau von Knochen, indem Calcium in die Knochen eingebaut wird und der Abbau gehemmt wird.

Gegenspieler des Calcitonins ist das in den Epithelkörperchen (Nebenschilddrüse) gebildete Parathormon. Es fördert sowohl die Aktivität als auch die Bildung von Osteoklasten. Fällt der Calciumgehalt im Blut, wird über diesen Rückkopplungsmechanismus Calcium aus den Knochen durch Osteoklasten gelöst, um eine erhöhte Konzentration von Calcium im Blut zu erreichen. Neben diesem direkten Effekt auf den Calciumgehalt des Blutes, führt das Parathormon indirekt über den positiven Einfluss auf die Calcitriolbildung zu einer erhöhten Calciumresorption im Dünndarm.

7.5 Fingermittelgelenk längs

Im Präparat des Fingermittelgelenks erkennt man Knochen und Knorpel. Der hyaline Knorpel befindet sich am Gelenkkopf und an der Gelenkpfanne. Durch die Färbung erscheint er im Präparat blau.

Der Knorpel wird von einer roten Linie, der Tide-Mark getrennt, die eine Grenzlinie zwischen hyalinem und teilweise mineralisiertem Knorpel darstellt.

Das Gelenk ist in einen Gelenkspalt, der mit Synovialflüssigkeit gefüllt ist, eingelagert. Synovialflüssigkeit dient dem Gelenk einerseits als Schmierflüssigkeit und verringert die Reibung; andererseits dient sie dem Knorpel zur Ernährung durch Diffusion.

Da hyaliner Knorpel gefäßfrei ist, muss die Ernährung von außen geschehen, normalerweise gelangen Nährstoffe aus dem Perichondrium in die Matrix. Da Gelenke aufgrund der hohen Reibungsanfälligkeit perichondriumslos sind, wird die Ernährung über Synovia sichergestellt. Synovia besteht u.a. aus dem Proteoglykan Hyaluronan, dem Schmiermittel Lubricin, Phospholipiden, Nährstoffen und Wasser.

Die Gelenkkapsel ist aus zwei Schichten aufgebaut:

Membrana fibrosa: Die Membrana fibrosa bildet die äußere Schicht der Gelenkkapsel, sie besteht aus straffem Bindegewebe und ist durch Bänder verstärkt.

Membrana synovialis: Die Membrana synovialis ist die innere Schicht der Gelenkkapsel. Sie ist kein Epithel, sondern besteht aus mehreren Lagen von Synovialozyten, die stellenweise Falten in der Membran aufwerfen. Es ist keine Basallamina vorhanden. Von den Synovialozyten wird die Gelenkflüssigkeit gebildet und resorbiert.

In die Gelenkkapsel sind afferente Nervenfasern als Mechanosensoren für die Stellung des Gelenkes im Raum und zur Schmerzvermittlung, wie beispielsweise bei einem Kapselriss, eingebettet.

Da dem Gelenkknorpel ein Perichondrium fehlt, kann er nicht erneuert werden, er besitzt keine mesenchymalen Stammzellen mehr.

8. Muskelgewebe

8.1 Glatte Muskulatur, Vas deferens

Glatte Muskulatur kommt zur Lumenregulation vor allem in der Tunica muscularis der Hohlorganwände vor. Glatte Muskulatur ist unwillkürlich gesteuert, das bedeutet, sie ist von der aktiven Steuerung durch den Menschen entkoppelt.

Die spindelförmigen glatten Muskelzellen besitzen einen zentralständigen, länglichen Zellkern. Sie

sind von einer Basallamina und einem Faserstrumpf aus retikulären Zellen umgeben. Die Länge der glatten Muskelzellen ist stark variabel und liegt zwischen 20-800 µm, der Durchmesser beträgt im Mittel 5-8µm.

Eine Besonderheit der glatten Muskelzellen ist ihre hohe Teilungsrate; man nennt sie mitotisch aktiv.

Die Intermediärfilamente glatter Muskelzellen werden aus Desmin gebildet.

Sie gehören zum kontraktilem Apparat. Glatte Muskelzellen können sich also verkürzen und ebenso ihre ursprüngliche Länge wiedereinnehmen.

Der kontraktile Apparat von Muskelzellen wird aus den zwei Bestandteilen Aktin und Myosin gebildet, die in dieser Muskulatur in einem Verhältnis von 15 : 1 vorkommen.

Eine Abgrenzung zur quergestreiften Skelettmuskulatur ist die Länge der Aktinfilamente, die bei der glatten Muskulatur wesentlich länger ist.

Funktionell zu unterscheiden ist der Arbeitsmechanismus der unterschiedlichen Muskulaturtypen.

In glatten Muskelzellen ersetzt das Protein Calmodulin die Funktion des Troponin C's, indem es die Kontraktion, an Aktin gebunden, reguliert. Außerdem sind in der glatten Muskulatur keine Sarkomere vorhanden.

Die Kontraktion von glatten Muskelzellen ist langsamer als die der Skelettmuskulatur, dafür ist die Kontraktion ausdauernder.

An glatter Muskulatur werden zwei unterschiedliche Typen anhand der Innervation beschrieben.

Der sogenannte single-unit-Typ besitzt keine individuelle nervale Versorgung. Die einzelnen Muskelfasern sind über Gap-junctions miteinander verbunden und werden alle gleichzeitig erregt.

Vom single-unit-Typ wird der multi-unit-Typ abgegrenzt, der durch elektrische Isolation eine individuelle Innervation besitzt.

8.2 Quergestreifte Skelettmuskulatur

Die quergestreifte Skelettmuskulatur ist für alle willkürlichen und aktiven Bewegungen des Körpers zuständig.

Die Muskelfasern bestehen aus langen und vielkernigen Komponenten, die aus spindelförmigen mesenchymalen Promyeloblasten entstehen. Promyeloblasten differenzieren sich zu Myeloblasten, die sich zunächst mitotisch, dann amitotisch teilen. Bei der amitotischen Zellteilung wird das Zytoplasma nicht mehr geteilt; lediglich die Zellkerne teilen sich. Auf diese Weise entstehen mehrkernige Zellkomplexe.

Die einzelnen Zellen, aus denen Muskelfasern über Desminfilamente zusammengelagert werden, sind mehrere Zentimeter lang (bis zu 10, teilweise sogar 15cm). Ihr Durchmesser beträgt 40-80µm.

Der kontraktile Apparat quergestreifter Muskulatur wird ebenfalls aus den Bestandteilen Aktin und Myosin gebildet, die in einem Verhältnis von 2 : 1 vorkommen.

Das Protein Troponin C ist an Myosin und Aktin gebunden und sorgt somit für eine mechanische Verankerung der Kontraktionskomponenten.

Myofibrillen, die das Sarkoplasma in Längsrichtung durchziehen, führen zu der charakteristischen Querstreifung der Muskulatur. Eine periodische Abfolge von dunkleren und helleren Abschnitten unterteilt das Präparat in unterschiedliche Banden:

Im Z-Streifen wird Aktin durch α -Aktinin verankert. Aus diesen α -Aktinin Bereichen gehen dünne Titin-Fäden (größtes menschliches Protein) hervor und bilden auf diese Weise Anheftungsscheiben,

zwischen denen Myosinmoleküle liegen. Aufgrund der Elastizität der Titinfäden wird eine Überdehnung verhindert.

In der I-Bande (isotrope Bande), die sich bei der Kontraktion verkürzt, befinden sich nur Aktinfilamente. Die Myosinköpfchen bewegen das Aktin bei der Kontraktion in Richtung A-Bande. In der A-Bande (anisotrope Bande) überlappen die Köpfchen von Aktin- und Myosinfilamenten. In der H-Zone kommt nur Myosin vor.

Der M-Streifen dient der Verankerung von Myosin durch das Strukturprotein Myomesin, das mit Myosinfilamenten und elastischen Titinfilamenten interagiert und verbindet.

Der Bereich, der zwischen zwei Z-Scheiben liegt und sich bei einer Kontraktion verkürzt, wird als Sarkomer bezeichnet.

Die elektomechanische Kopplung besteht aus drei nebeneinander funktionierenden Schritten:

- 1) Die Erregungsweiterleitung im sogenannten T-Tubulus (transversales Tubulus System)
- 2) Die Ca^{2+} Freisetzung im L-Tubulus, dem sarkoplasmatischen Retikulum (longitudinales Tubulus System)
- 3) Die Ca^{2+} Wirkung auf die Myofibrillen.

Die Tubulus-Systeme liegen in Triaden zu zwei L- und einem T-Tubulus am Übergang der I- zur A-Bande.

Die Muskulatur wird von außen nach innen durch mehrere Bindegewebshüllen umlagert.

Außen liegt eine Faszie aus straffem kollagenem Bindegewebe.

Direkt unter der Faszie liegt eine retikuläre Bindegewebsschicht, die Epimysium genannt wird.

Das Perimysium umhüllt die einzelnen Primär- und Sekundärbündel, zu denen sich die Muskelfasern zusammenlagern. Man unterscheidet am Perimysium eine externum und eine internum Schicht. Da im Perimysium Nerven und Blutgefäße verlaufen, gelangen diese erst über das Externum, dann über das Internum in das Endomysium.

Das Endomysium bildet die innerste Bindegewebshülle. Dieses retikuläre Bindegewebe liegt zwischen den einzelnen Primärbündeln, eingebettet darin befinden sich zahlreiche Kapillargefäße und Nerven zur Versorgung der Muskelfasern.

8.3 Quergestreifte Herzmuskulatur

Die Herzmuskulatur gehört ebenso wie die Skelettmuskulatur zur quergestreiften Muskulatur. Sie bildet eine Sonderform der quergestreiften Muskulatur, denn sie unterliegt nicht der willkürlichen Steuerung.

Sie ist aus Kardiomyozyten gebildet, die untereinander durch desmosomale Haftkontakte und Gap-junctions netzartig verbunden sind und Aktionspotentiale über Glanzstreifen (Disci intercalares) weitergeben können.

Kardiomyozyten unterscheiden sich von der Skelettmuskulatur dadurch, dass sie nur einen zentralständigen Zellkern pro Zelle besitzen. Sie weisen eine periodische Abfolge von Aktin- und Myosinfilamenten auf, die zu der gleichen Querstreifung führt, wie bei der Skelettmuskulatur. Die Zellen haben eine Länge von etwa $100\mu\text{m}$ und einen Durchmesser von $15\text{-}20\mu\text{m}$.

Während sich quergestreifte Skelettmuskelfasern über Satellitenzellen weiterhin teilen und vermehren können, sind Herzmuskelzellen postmitotisch. Sie besitzen keine Satellitenzellen.

Im Zellkernhof, dem perinukleären Hof, einem helleren Areal um den Zellkern, liegen kaum Aktin- und Myosinfilamente. Hier befinden sich die Zellorganellen der Kardiomyozyten, hauptsächlich Mitochondrien zur Energiegewinnung.

Aktionspotentiale werden am Herzen durch autonome Schrittmacherzentren generiert. Dazu zählen als primäres Schrittmacherzentrum der Sinusknoten, als sekundäres Zentrum der AV-Knoten und als tertiäres Zentrum die His-Bündel. Die Aktionspotentiale, die am Herzen generiert werden, haben eine 100fach längere Dauer als im Skelettmuskel. Die Aktionspotentialdauer beträgt 300ms.

Das Tubulus-System der Herzmuskulatur ist in Diaden zu je einem L- und einem T-Tubulus gegliedert. Diese liegen auf Höhe der Z-Scheibe.

9. Nervengewebe

9.1 Isolierte Ganglienzelle, Rückenmark

Im Rückenmarksaustriech ist ein Neuron zu sehen. Als Neuron bezeichnet man eine Nervenzelle mit allen ihren Fortsätzen.

Es gibt verschiedene Arten von Neuronen:

Bipolare Nervenzelle

Die bipolare Nervenzelle besitzt 2 Fortsätze: ein Axon und einen Dendriten, die an entgegengesetzten Enden der Nervenzelle liegen. Dieser Neuronen-Typ kommt in der Retina, der Riechschleimhaut und dem Ganglion spirale cochleae vor.

Pseudounipolare Nervenzelle

Pseudounipolare Nervenzellen besitzen einen Fortsatz, der sich in der Peripherie in 2 Anteile spaltet. Ein Ast führt in die Peripherie, der andere zum ZNS.

Pseudounipolare Nervenzellen entstehen aus bipolaren Nervenzellen. Die entgegengesetzten Anteile wandern in der Entwicklung zusammen und verschmelzen. Beide Anteile besitzen die Funktion eines Axons und sind somit efferent. Erregungen durchlaufen nicht das Perikaryon.

Multipolare Nervenzelle

Die multipolare Nervenzelle besitzt mehr als 2 Fortsätze. Darunter befindet sich ein Axon und mehrere Dendriten. Vorkommen der multipolaren Nervenzellen sind die Purkinjezellen im Kleinhirn, Pyramidenzellen im Motocortex, die Motoneurone im Vorderhorn, Korbzellen und Mitralzellen.

Der hier im Präparat sichtbare Neuronentyp ist die multipolare Nervenzelle.

Aufgebaut ist dieses Neuron aus Perikaryon, Axon und Dendriten

Das Perikaryon, auch Zelleib oder Stroma bezeichnet, ist der Ort der Proteinbiosynthese. Im Perikaryon sind alle Zellorganellen vorhanden und bilden das trophische Zentrum. Die hier gebildeten Substanzen wandern per somatofugalem Transport insbesondere ins Axon.

Am Perikaryon werden Axonenden anderer Zellen empfangen, die inhibitorische oder inhibitorische rezeptive Funktion haben.

Im Perikaryon befindet sich der große helle Zellkern, der einen deutlich sichtbaren Nucleolus enthält. Nissl-Schollen, das raue Endoplasmatische Retikulum, befindet sich ebenfalls im Perikaryon.

Das Axon bildet den efferenten Fortsatz des Neurons. Um das Axon sind Schwann'sche Zellen, Markscheiden, gelagert, die eine elektrische Isolation der ummantelten Bereiche bewirken.

Aktionspotentiale springen saltatorisch von freiliegendem Axonabschnitt zu freiliegendem Abschnitt. Dieser marklose Bereich wird als Ranvier-Schnürring bezeichnet. Der Bereich zwischen zwei Ranvier-Schnürringen wird als Internodium bezeichnet.

Aktionspotentiale werden am sogenannten Axonhügel generiert. Das Axon ist frei von Nissl-Schollen und Ribosomen. Am Ende eines Axons liegen das Telodendron mit Bouton.

Als Dendriten bezeichnet man den afferenten Fortsatz des Neurons. Diese sind baumartig verzweigt und dienen der Erregungssumation, dem Signalempfang und der Signalleitung zum Perikaryon.

Multipolare Nervenzellen besitzen eine variable Anzahl an Dendriten. Sie sind mit sogenannten dendritic spines, 2µm großen dornartigen Vorwölbungen der Oberfläche besetzt, die der Anheftung anderer Zellaxone dienen.

9.2 Spinalganglion

Das Spinalganglion enthält Zellkörper der afferenten Nervenfasern, die durch die Hinterwurzel ins Rückenmark eintreten. Sie haben ihren Ursprung in der Neuralleiste.

An der Oberfläche eines Perikaryons liegen Gliazellen, die sich auf den Zellausläufern fortsetzen.

Mit einem Durchmesser von 5 bis 8mm ist das Spinalganglion bereits makroskopisch sichtbar.

Im Präparat sind die Hinterwurzel und die Vorderwurzel erkennbar.

Die Vorderwurzel und Hinterwurzel sind außen von einem bindegewebigen Epineurium umgeben. Außen ist das Spinalganglion vom Perineurium umgeben. Am Perineurium werden zwei Schichten unterschieden: eine äußere Pars fibrosa aus kollagenfaserigem Bindegewebe und eine innere Pars epitheloidea. In der Pars epitheloidea befinden sich epithelartig angeordnete Zellen, die über Tight junctions in Verbindung stehen und Teil der Blut-Nerv-Schranke sind.

Im Inneren befindet sich das Endoneurium des Spinalnervs, dies ist ein reichlich vaskularisiertes Bindegewebe zur Versorgung der Nervenfasern.

In der Hinterwurzel, die den großen Teil des Präparates bildet, liegen die sensiblen Afferenzen.

Es sind myelinisierte Axone für die Mechano- und Propriozeption sowie nicht-myelinisierte Axone, die der Schmerzempfindung dienen, vorhanden.

Die Perikaryen der pseudounipolaren Zellen sind mit deutlichem Nucleus und Nucleolus erkennbar. Umgeben sind sie von peripheren Gliazellen. Dieses Stützgerüst wird aus Schwann-Zellen,

Satellitenzellen, Mantelzellen und Lemnozyten gebildet.

Eine Schwann'sche-Zelle bildet die markhaltige Hülle eines Axons im PNS.

Satellitenzellen, Mantelzellen und Lemnozyten sind modifizierte Schwann'sche-Zellen, die als Umhüllung von Ganglienzellen dienen.

In der Vorderwurzel liegen nur myelinisierte Axone; sie dienen als motorische Efferenzen. Die Perikaryen liegen im Vorderhorn des Rückenmarks.

9.3 Spinalnerv quer

Spinalnerven gibt es nur im PNS.

Sie setzen sich aus Nervenbündeln zusammen, die durch Bindegewebe zusammengelagert sind und von Blutgefäßen begleitet werden. Der Aufbau gliedert sich in drei Schichten.

Außen liegt das Epineurium, ein kollagenfaseriges Bindegewebe, das Fettzellen enthält und Blutgefäße führt. Das Epineurium ist eine Fortsetzung der äußeren Hirnhaut (Dura mater). Es umhüllt den Nerven komplett und bildet gefäßführende Bindegewebssepten, die ins Innere ziehen.

Das Perineurium bündelt mehrere Nervenfasern und schließt sie zum Faszikel zusammen.

Man unterscheidet eine Pars fibrosa an der Außenseite von einer innenliegenden Pars epitheloidea.

Die Pars epitheloidea bildet die Blut-Nerven-Schranke und dient somit als Diffusionsbarriere.

Die innerste Schicht, die die einzelnen Nervenfasern umgibt, bezeichnet man als Endoneurium. In das Bindegewebe sind Blutgefäße, Mastzellen und Histiozyten eingelagert. Mit der Basalmembran der Schwann'schen-Zellen bildet das Endoneurium die sogenannte Endoneuralscheide.

Unterschiede zwischen Axonhüllen markhaltiger Nervenfasern im PNS und ZNS:

PNS: Eine Schwann'sche-Zelle umhüllt ein Axon.

ZNS: Ein Oligodendrozyt umhüllt mehrere Axone. Die Markscheiden haben keine Schmidt-Lantermann-Einkerbungen, aber Ranvierschnürringe.

9.4 Peripherer Nerv quer (EM)

In der elektromikroskopischen Aufnahme des peripheren Nerven liegt der Zellkern einer Schwann'schen-Zelle.

Um das Axoplasma liegt eine Myelinscheide mit innerem und äußerem Mesaxon. Als zytoplasmagefüllte Erweiterung zwischen den Markscheiden ist eine Schmidt-Lantermann-Einkerbung zu erkennen.

Um die Schwann'sche-Zelle ist das Endoneurium, das aus Kollagenfasern des Typs III gebildet wird, gelagert.

In das Zytoplasma sind Remackbündel, unmyelinisierte Nervenfasern, eingebettet.

Man erkennt den Zellkern eines Fibroblasten oder Fibrozyten. Der Fibroblast besitzt keine Basalmembran.

Als äußere Begrenzung des Zytoplasmas dient die Perineuralscheide.

Im unteren rechten Bildrand ist eine Gelenkkapsel des Kollagentyps I zu sehen.

10.

Gefäße

10.1 Arterie

Als Arterien werden die Blutgefäße bezeichnet, die Blut vom Herzen in die Peripherie führen. Im Körperkreislauf transportieren sie somit sauerstoffreiches Blut, im Lungenkreislauf sauerstoffarmes Blut.

Es werden zwei Typen von Arterien unterschieden:

Arterien des elastischen und Arterien des muskulären Typs.

Arterien des elastischen Typs liegen herznah und dienen der Windkesselfunktion. Das bedeutet, sie stellen durch elastische Rückstellkräfte eine kontinuierliche Strömung aus dem stoßartigen Blutfluss her. Dazu sind in der Tunica media, der stärksten Wandschicht, neben den glatten Muskelfasern, elastische Fasern eingebettet. Des Weiteren ist es bei Arterien des elastischen Typs schwierig, die innere elastische Faserschicht, Membrana elastica interna, von der äußeren Membrana elastica externa zu unterscheiden.

Arterien des muskulären Typs kommen eher in der Peripherie vor; sie sind aufgrund einer dicken muskulären Tunica media in der Lage, die Blutzirkulation aktiv zu unterstützen. Sie bauen durch eine peristaltische Druckwelle einen autonomen Blutdruck auf.

Der typische Wandaufbau einer Arterie gestaltet sich in drei Schichten: Tunica intima, Tunica media und Tunica adventitia oder Tunica externa.

Tunica intima

Die Tunica intima kleidet als innerste Schicht das Gefäßrohr aus. Sie besteht aus einschichtigem Plattenepithel und bildet das Endothelzellrohr. Die Endothelzellen sitzen einer Basallamina auf und sind untereinander über Tight junctions verbunden. Subendothelial befindet sich eine Lamina propria, die bei Arterien des elastischen Typs besonders ausgeprägt ist.

Die Lamina propria ist zellarm und besteht aus Proteoglykanen, kollagenen und elastischen Faseranteilen.

Eine negativ geladene Glykokalix dient der Abstoßung negativer Zellen. Weitere Funktionen der Tunica intima sind die Diffusionsbarriere und die Blutgerinnung über den von-Willebrand-Faktor, der an das Glykoprotein Fibrillin in der Lamina propria gebunden ist. Sie dient der Gefäßweitenregulierung und Leukozytenemigration.

Auf die Tunica intima folgt eine Membrana elastica interna, die in ihrer Dicke stark variiert und aus elastischen Fasern gebildet wird.

Tunica media

Die Tunica media ist die muskelstarke Schicht des Blutgefäßes. Sie ist aus mehreren zirkulären Lagen glatter Muskulatur aufgebaut. Die Myozyten stehen über Gap junctions miteinander in Verbindung und sezernieren Proteoglykane.

Proteoglykane bilden mit elastischen Lamellen und kollagenen Fasern die Extrazellulärmatrix. Die Tunica media ist jedoch bindegewebsarm.

Die starke Muskelschicht reguliert die Gefäßweite und die Wandspannung; diese beiden Parameter sind entscheidend für die Einstellung des Blutdrucks im Gefäß.

Auf die Tunica Media folgt bei größeren Arterien eine zweite elastische Membran, die Membrana elastica externa.

Tunica adventitia/ Tunica externa

Die Tunica adventitia bildet die äußerste Schicht eines Gefäßes. Sie besteht aus kollagenem Bindegewebe, das dem Gefäß als Stützgewebe anliegt. Dazu liegen die kollagenen Fasern scheringitterartig zusammen und bieten in dieser Anordnung ein hohes Maß an Stabilität. Neben kollagenen Fasern befinden sich in der Tunica adventitia elastische Fasern, Proteoglykane und Fibroblasten.

Sie dient als Trägerschicht für Vasa vasorum (das Gefäß versorgende Gefäße) und Nervi vasorum. Daneben transportiert sie Zellen des Abwehrsystems.

10.2 Vene

Als Venen bezeichnet man die Blutgefäße, die zum Herzen führen. Im Körperkreislauf besitzen sie Venenklappen, die den laminaren Blutstrom in nur eine Richtung sicherstellen. Dies ist aufgrund des niedrigeren Drucks in diesen Gefäßen von großer Bedeutung. Gebildet werden sie durch die Tunica intima, die Endothelduplikaturen aufwirft.

Venen haben einen ähnlichen Aufbau wie Arterien; nur ist ihre Schichtgliederung nicht so deutlich. Die einzelnen Schichten sind dünner und somit nicht so prominent.

Die Membranae elasticae interna und externa kommen nicht in allen Venen vor, häufig fehlen diese Wandschichten gänzlich.

Die Tunica media der Venen ist charakterisiert durch Muskelarmut, jedoch Bindegewebsreichtum. Die Muskulatur ist größtenteils längsorientiert und durch viele elastische Lamellen und kollagene Fasern gestützt.

Die Tunica adventitia bildet als kollagenes Bindegewebe einen Stützstrumpf als äußerste Schicht. Sie ist Trägerschicht für Vasa und Nervi vasorum und beinhaltet Zellen des Abwehrsystems. Bei Venen im Bauchraum ist dieses die prominenteste Schicht des Gefäßes und häufig mit longitudinaler Muskulatur durchsetzt.

11.

Blut

11.1 Blutaustrich

Blut ist ein flüssiges Gewebe. Weil die Blutzellen keine Zell-Zell-Verbindungen eingehen, sondern im Plasma schwimmen, ist es eine Flüssigkeit.

Mehr als die Hälfte (55%) des Blutes wird aus Plasma gebildet. Dieses besteht zu 90% aus Wasser und zu 8 % aus Proteinen. Den Rest bilden Globuline und Fibrinogen.

Die restlichen 45% des Blutes werden von festen Bestandteilen, dem Hämatokrit gebildet. Dieser besteht aus Erythrozyten, Thrombozyten und Leukozyten.

Erythrozyten

95 % des Hämatokritanteils wird aus Erythrozyten, den roten Blutkörperchen gebildet.

Zu 90% bestehen diese aus Hämoglobin; dieses besitzt freie Eisenmoleküle, an die sich O₂ und CO₂ anlagern können.

Erythrozyten haben einen Durchmesser von 7,5µm und dienen im Präparat als Maßstab.

Sie sind bikonkav geformt; im Präparat erkennt man in der Mitte einen helleren Bereich, dort ist weniger Hämoglobin vorhanden.

Pro µl Blut sind 5 mio. Erythrozyten enthalten. Sie werden im Knochenmark unter Einfluss des Hormons Erythropoetin gebildet und nach etwa 120 Tagen Lebensdauer in Milz und Leber phagozytiert.

Erythrozyten sind Zellen des Körpers, die keine DNA enthalten. Auch besitzen sie keine Mitochondrien; sie betreiben keine Proteinsynthese und sind nicht in der Lage, sich zu reparieren.

Thrombozyten

Thrombozyten sind die Blutplättchen. Sie sind scheibenförmige und kernlose Strukturen mit einem Durchmesser von 1-3µm.

Thrombozyten dienen der Blutgerinnung, denn in ihrer Speichergranula sind der von-Willebrand-Faktor, ein Protein, das zu einem wesentlichen Anteil an der Blutgerinnung beiträgt, Fibrinogen, Serotonin und Fibronectin enthalten.

Thrombozyten sind Fragmente von großen mehrkernigen Megakaryozytenfortsätzen und werden genau wie Erythrozyten im Knochenmark gebildet und in der Milz abgebaut.

In der Milz befinden sich 1/3 aller Thrombozyten, 2/3 befinden sich im Blut, wo sie für 7 bis 10 Tage zirkulieren.

Pro µl Blut befinden sich 150.000-300.000 Thrombozyten. Bei Frauen sinkt ihr Blutanteil stark vor der Menstruationsblutung

Leukozyten

Leukozyten, von denen der gesunde Mann ca. 5000/µl, Frauen etwa 4000/µl besitzen, sind die weißen Blutkörperchen, die der Abwehr dienen.

Bei Leukozyten unterscheidet man Neutrophile, Eosinophile und Basophile Granulozyten, Lymphozyten und Monozyten.

Prozentual bilden diese einen Anteil von 60/3/<1/30/7. Man kann sich die Leukozyten mit Hilfe des Merkspruches „Never let monkeys eat bananas“ merken.

1) Neutrophile Granulozyten: 50-70%

Neutrophile Granulozyten haben einen Durchmesser von 9 bis 12 μm .

Sie sind über Kernbrücken zu 3-4 segmentkernigen Neutrophilen Granulozyten verbunden, während in der Jugend der Großteil dieser Granulozyten stabkernig ist.

Frauen besitzen einen sogenannten Drum-Stick als Anhang am Neutrophilen Granulozyt. Dieser ist ein Überbleibsel des X-Chromosoms und bei Frauen bei mindestens 6 von 500 Neutrophilen Granulozyten vorhanden.

Neutrophile Granulozyten sind die Hauptvertreter der unspezifischen Abwehr und tragen in ihrer Granula Lysozym, Defensine, Peroxidasen und alkalische Phosphatase, mit denen sie in der Lage sind die Hüllen von Bakterien zu zerstören. Sie sind Fresszellen.

90 % der Neutrophilen Granulozyten befinden sich im Knochenmark; dort haben sie eine Überlebensdauer von 3 Tagen. Im Blutkreislauf überleben sie nur wenige Stunden.

Das Cytoplasma von Neutrophilen Granulozyten enthält zwei Arten von Granula, mit deren Hilfe sie Bakterien vernichten können:

Unspezifische Granula ist azurophile Granula und mit Lysosomen verwandt, sie ist violett gefärbt. Man nennt sie auch primäre Granula.

Die sekundäre Granula wird auch als spezifische Granula bezeichnet und ist lachsfarben, sie enthalten Enzyme und bakterizide Stoffe.

2) Lymphozyten: 20-40%

Bei den Lymphozyten werden kleine von mittelgroßen und großen Lymphozyten unterschieden. Somit ist sowohl ihre Größe als auch der Durchmesser variabel und liegt zwischen 6-12 μm .

Sie haben einen runden Zellkern, der von chromatinreichem kräftig blau gefärbtem Zytoplasma umgeben ist. Dieses Zytoplasma ist ribosomenreich und deshalb basophil.

Lymphozyten sind natürliche Killerzellen, die zwischen Blut und lymphatischen Organen rezirkulieren können und keine Phagozytose betreiben.

Es werden zwei Typen unterschieden: B- und T-Lymphozyten.

B-Lymphozyten sind Träger der humoralen spezifischen Immunität.

T-Lymphozyten sind Träger der zellulären spezifischen Immunität.

3) Monozyten: 4-8%

Monozyten sind die größten menschlichen Makrophagen mit einem Durchmesser von bis zu 20 μm und einem bohnenförmigen Kern mit wolkiger Struktur.

Sie sind in der Lage sich ortsspezifisch zu unterschiedlichen Makrophagen umzubilden (Osteoklasten, ortsständige Makrophagen wie z.B. Histiozyten) und gehören zum mononukleären-Phagozytose-System MPS.

Sie besitzen in der Nähe der Kernbucht Lysosomen, mit denen sie in der Lage sind, andere Zellen und Zellbestandteile lytisch abzubauen.

Monozyten sind Zellen, die sich amöboid fortbewegen und nach 1-3 Tagen Verweildauer im Blut eliminiert werden.

4) Eosinophile Granulozyten 2-4%

Eosinophile Granulozyten haben einen Durchmesser von 11-14 μm und charakterisieren sich durch einen zweigeklappten Zellkern.

Sie dienen der Abwehr von Wurmparasiten und haben bei allergischen Reaktionen einen erhöhten Blutanteil. Sie können Histamin inaktivieren.

Das Cytoplasma enthält grobe, große, ovale azidophile (eosinophile) mit Eosin anfärbbare Granula mit einem Durchmesser von 0,5 – 1,5 μm .

- 5) Basophile Granulozyten <1%
Basophile Granulozyten haben einen Durchmesser von 8-11µm.
Sie haben einen großen runden Kern, der oft von basophiler Granula überdeckt und deshalb oft nicht sichtbar ist.
Sie besitzen viel bläuliche Granula, deren Hauptbestandteile das gerinnungshemmende Heparin und das vasoaktive Histamin sind.
Histamin wird bei allergischen Reaktionen vermehrt ausgeschüttet.

11.2 Knochenmarkausstrich

Das Knochenmark ist etwa ab dem siebten Monat post conceptionem der Ort der Blutbildung. Zuvor geschieht die Blutbildung als megaloblastische Phase aus dem Mesenchym des Dottersacks, danach in der hepatosplenalen Periode in Leber und Milz. In der medullären Periode werden im Knochenmark Erythrozyten, Granulozyten, Monozyten und Megakaryozyten gebildet. Die postnatale sogenannte myeloische Blutbildung beginnt ab dem siebten Monat im roten Knochenmark.
Die Erythropoese, die Bildung der roten Blutkörperchen, ist unter anderem an die Erythrozytenzahl im Blut, die Sauerstoffsättigung des Blutes und an die Ausschüttung des Nierenhormons Erythropoetin gebunden.
In diesem Präparat sind verschiedene Entwicklungsstadien der unterschiedlichen Blutzellen erkennbar.

Thrombozytopoese

Die größte Zelle des Präparates ist der Megakaryozyt mit einem Durchmesser von 100µm. Sie entsteht aus einer undifferenzierten pluripotenten Stammzelle, dem Hämozytoblasten, der eine direkte Ableitung aus embryonalem Mesenchym darstellt. Aus dem Hämozytoblasten entstehen alle Blutzellen. Zunächst entwickelt sich ein Megakaryoblast, der über die Stufe des unreifen Megakaryozyten zum Megakaryozyten wird. Der Megakaryozyt ist eine mehrkernige Zelle. Aus ihren Zellfortsätzen schnüren sich Zellbestandteile ab, die zu Thrombozyten werden. Dieser Vorgang wird durch das Leberhormon Thrombopoetin reguliert.

Erythropoese: rote Reihe

Die Erythropoese, die Entstehung der roten Blutkörperchen, läuft im roten Knochenmark ab. Der Vorgang der Erythrozytenbildung dauert insgesamt 8 Tage, wobei 5 Tage der Zellproliferation und Zelldifferenzierung und weitere 3 Tage der Zellreifung dienen. Während dieser Entwicklung wird aus der pluripotenten Stammzelle, dem Hämozytoblasten, ein Proerythroblast, der sich zum Erythroblasten, Normoblasten, Retikulozyten und schließlich zum Erythrozyten umbildet.
Während dieser Zelldifferenzierung ist deutlich zu erkennen, dass die Zellgröße abnimmt, der Zellkern schrumpft, sich das Chromatin verdichtet und das Zytoplasma von basophil zu orthochromatisch wechselt.

Die Erythropoese ist charakterisiert durch:

- 1) Schrumpfen der Zelle und der Zellkerns
- 2) Verlust der Zellorganellen
- 3) Einlagerung von Hämoglobin

Der Proerythroblast ist die größte Zelle der roten Reihe mit einem Durchmesser von 14-17µm. Im intensiv basophil gefärbten Zytoplasma ist ein roter, runder Zellkern erkennbar, der zentralständig ist und etwa 80% des Zellvolumens einnimmt.

Beim Erythroblasten unterscheidet man einen basophilen von einem polychromatischen Erythroblasten.

Erythroblasten besitzen ein Zytoplasma, das nicht mehr so stark basophil und daher weniger anfärbbar ist. Der zentralständige runde Zellkern besitzt einen hellen Kernhof.

Erythroblasten befinden sich häufig in Gruppen zusammengelagert um Ammenzellen. Dies sind interstitielle Makrophagen, die Ferritin sezernieren, welches die Erythroblasten zum Hämoglobinaufbau benötigen.

Beim Normoblasten wird ein polychromatischer von einem orthochromatischen Normoblasten unterschieden.

Aufgrund des hämoglobinreichen Zytoplasmas ist dieses azidophil.

Die Zellen besitzen einen verdichteten, exzentrisch stehenden Zellkern, der nun ausgestoßen wird.

Der Retikulozyt ist der kernlose Anteil des Normoblasten. Er macht ca. 1% der roten Blutzellen im Blut aus. Zellorganellen werden mit letzten Kernfragmenten ausgeschieden. Die Zellmatrix ist stark azidophil.

Aus dem Retikulozyten entsteht schließlich der Erythrozyt.

Granulozytopoese: weiße Reihe

Die Granulozytopoese, die Bildung der weißen Blutkörperchen, dauert ebenfalls 8 Tage, wobei 5 Tage der Proliferation und Differenzierung der Zellen dienen und 3 weitere Tage der Zellreifung.

Der pluripotente Hämocytoblast wird zum Myeloblast, Promyelozyt, Myelozyt, Metamyelozyt und dann zum stabkernigen, letztlich zum segmentkernigen Granulozyt.

Die Entwicklung ist durch eine Abnahme der Zellgröße bei einer stetigen Deformierung des Zellkerns von rund über bohnenförmig zu oval, dann länglich und schließlich stabkernig charakterisiert.

Der Promyelozyt ist mit einem Durchmesser von 15µm die größte Zelle der weißen Reihe.

Der Myelozyt stellt das letzte teilungsfähige Zellstadium dar. Im Laufe der Zellentwicklung häuft sich eine Granula im Zytoplasma, das immer schwächer basophil wird.

12.

Lymphatisches System

12.1 Lymphknoten

Lymphknoten sind als sekundär lymphatische Organe in die Lymphbahn eingeschaltet und filtern die Gewebsflüssigkeit.

Man unterscheidet regionäre Lymphknoten in direkter Organnähe von zentralständigen Sammellymphknoten.

Lymphknoten sind nierenförmig und besitzen an der konvex gebogenen Seite mehrere Vasa afferentia und auf der eingezogenen konkaven Seite ein Hilum mit Vas efferens, Arterie, Vene und Nerven.

Aufgebaut ist der Lymphknoten aus Retikulumzellen (Kollagentyp III) und fibroblastischen Retikulumzellen.

Am Lymphknoten werden Kapsel, Rinde/Cortex, Parakortikalzone und Mark unterschieden. Außen sind die Lymphknoten von einer straffen, kollagenen Bindegewebskapsel umgeben. Die Kapsel bildet Trabekel, die bis zum Mark in das Organ ziehen und das Parenchym unvollständig unterteilen.

Die Rinde wird in Randsinus und Intermediärsinus unterteilt und besteht aus einem Netz aus Fibroblasten mit B- und T-Lymphozyten, Primär- und Sekundärfollikeln.

Die B-Lymphozyten liegen in der B-Zell-Zone.

Primärfollikel sind kleine Lymphozyten, die im Präparat dunkel gefärbt sind.

Sekundärfollikel besitzen FDZ (follikuläre dendritische Zellen); dies sind Zellen, die an Antigene gebunden sind und eine spezifische B-Zell-Reaktion auslösen.

Das Keimzentrum hat eine dunkle Region, in der B-Zellen proliferieren.

In der hellen Region liegen B-Gedächtniszellen und Plasmazellvorstufen zur Differenzierung.

An die Rindenteile grenzen Markbereiche, die als Parakortikalzonen bezeichnet werden.

In der T-Zone liegen die T-Lymphozyten und antigenpräsentierende Zellen, die als IDZ (interdigitierende dendritische Zellen) bezeichnet werden.

Die hochendotheliale postkapilläre Venole dient als histologisches Erkennungsmerkmal der Parakortikalzone. Aus den HEV können Lymphozyten aus dem Blutstrom rezirkulieren und in den Lymphknoten wandern.

Das Mark am Hilum und im Organinneren besteht aus einem Maschenwerk aus Fibroblasten und Plasmazellen, die in Marksinus und Marksträngen liegen.

Die Lymphe durchfließt den Lymphknoten und wird auf ihrem Weg durch Makrophagen gereinigt. Dabei durchfließt sie direkt unter der Kapsel den Randsinus (Marginalsinus), verläuft durch die Rinde im Intermediärsinus, teilt sich in den Marksinus im Mark und verlässt im Terminalsinus über das Vas efferens den Lymphknoten.

12.2 Thymus

Der Thymus (Bries) gehört zu den primär lymphatischen Organen. Primär lymphatisch bedeutet, dass in diesem Organ Abwehrzellen gebildet werden.

Im Thymus reifen T-Zellen aus.

Aus dem Dottersack oder dem Knochenmark eingewanderte Promyozyten werden durch positive und negative Selektion zu immunologisch kompetenten Zellen geprägt. Diese haben T-zellgebundene Abwehraufgaben.

Im Kindesalter ist der Thymus mit der Reifung von T-Lymphozyten beschäftigt, das Organ ist körperproportional gesehen sehr groß. Da die Reifung von T-Lymphozyten nach der Pubertät stark abnimmt, bildet sich der Thymus zum Thymusrestkörper zurück. Diesen Prozess bezeichnet man als Involution. Das Organ hat ein Gewicht von 20 bis 30g.

Der Thymus liegt im oberen Mediastinum zwischen dem Perikard und dem Brustbein. Das sogenannte Thymusdreieck bildet einen pleurafreien Raum und dient in der Chirurgie als wichtiger Zugangsweg zum Herzen.

Funktionen des Thymus sind Reifung von T-Zellen in der Rinde und deren Proliferation.

Der Großteil der T-Zellen (über 90%) werden in Selektionsschritten ausgemustert und phagozytiert. Im Thymus werden Abwehrzellen zur Erkennung von körpereigenen MHC-Molekülen und fremden ausgebildet. CD4 und CD8 T-Zellrezeptoren werden ausgebildet. Reife T-Zellen sind spezifisch CD4 oder CD8-positiv.

Am Thymus unterscheidet man Kapsel, Rinde und Mark. Da der Thymus ein lymphoepitheliales Organ ist, besitzt er keine Retikulozyten und kein retikuläres Grundgerüst.

Die Kapsel wird aus einer dünnen bindegewebigen Schicht gebildet. Aus ihr laufen Septen mit Gefäß- und Nervenstraßen zur Rinden-Mark-Grenze.

In der Rinde befinden sich dicht gepackt die Zellen des Thymus: Thymozyten.

Im Präparat sind sie dunkel angefärbt. Sie werden von sogenannten Ammenzellen umhüllt und sind von zahlreichen Makrophagen umgeben. Nur in der Rinde, von außen nach innen, findet die T-Zellreifung statt.

Die Makrophagen phagozytieren im Selektionsprozess ausgemusterte T-Zellen.

Subkapsulär befinden sich Epithelzellen. Sie grenzen den intrathymischen Bindegewebsraum gegen den extrathymischen Bindegewebsraum ab und sind an der Bildung der Blut-Thymus-Schranke beteiligt.

Eine Blut-Organ-Schranke wird immer aus 3 Strukturen gebildet. Aus dem Endothel des Blutgefäßes, der Basallamina und den Organzellen, die die Blutgefäße umgeben.

Das Thymusmark ist im Präparat heller. Es besitzt keine Blut-Thymus-Schranke; somit können geprägte und ungeprägte T-Zellen im Mark ein- und austreten.

Wichtige histologische Strukturen im Mark sind die Hassal-Körperchen. Das sind mehr als 2 konzentrisch umeinandergreifende Epithelzellen mit zwiebelschalartigem Aussehen. Weitere Zellen sind Thymozyten, ausgereifte T-Lymphozyten, Makrophagen und dendritische Zellen.

12.3 Milz

Die Milz ist mit 150g das größte menschliche Lymphorgan. Sie liegt auf Höhe der 10-ten Rippe im linken Oberbauch.

Ihre Hauptfunktion während der Fetalzeit ist die Blutbildung, Blutspeicherung und Blutmauserung. Der Prozess der Blutmauserung betitelt den Abbau der Erythrozyten. Erythrozyten haben keinen Zellkern und bestehen nur aus einer Zellmembran, was zu einer hohen Elastizität der roten Blutkörperchen führt.

Auf dem Weg durch die Milz müssen sie durch sehr enge Kapillaren, um aus dem arteriellen in den venösen Blutkreislauf überzutreten. Um durch die engen Kapillaren zu gelangen, müssen sie stark deformierbar sein.

Fehlt den Erythrozyten die Elastizität (Lebensdauer 120 Tage), können sie die Kapillaren nicht passieren und werden phagozytiert.

In der Milz werden 1/3 aller Thrombozyten gespeichert.

Funktionen der Milz nach der Geburt sind Blutmauserung roter und weißer Blutkörperchen, Abbau von Mikroorganismen und Blutspeicherung. Des Weiteren kann die Milz aktivierte Lymphozyten in die Blutbahn abgeben.

Die Milz ist nicht überlebensnotwendig, im Falle des Organuntergangs werden ihre Funktionen durch andere Organe, beispielsweise die Blutmauserung durch die Leber, übernommen.

Das Blut gelangt über den Truncus coeliacus, in die A. splenica von dort geht sie in eine Aufteilung von 2 bis 5 sogenannten Trabekelarterien. Diese gehen über in Zentralarterien, die nach Eintritt in die weiße Pulpa eine periarterielle lymphatische Scheide, PALS, tragen. Über Pinselarteriolen gelangt das Blut in die Hülsenkapillaren.

Die Hülsenkapillaren sind die wichtigen Stellen innerhalb der Milz für die Blutmauserung, denn die Hülsenkapillaren sind von Makrophagen umgeben, der sogenannten Schweigger-Seidel-Hülse. Das ist eine einschichtige zylindrische Scheide gebildet von Makrophagen, die alte non-elastische Erythrozyten abbauen.

Aus den Hülsenkapillaren gelangt das Blut in venöse Sinus, die Pulpavenen, Trabekelvenen und schließlich, über die V. splenica, in die Lebervene (V. portae hepatis).

Innerhalb der Milz gibt es, im Gegensatz zu anderen lymphatischen Organen, keine hochendothelialen Venolen.

Lymphweg

Die Milz besitzt keine afferenten Lymphbahnen.

Die efferenten Lymphgefäße der Milz nehmen ihren Ursprung in der weißen Pulpa und gelangen neben den Zentralarterien zu den Trabekelarterien, wo sie in größere Lymphgefäße fließen. Die Lymphe verlässt die Milz am Hilum und geht dort in Lymphknoten über.

Genereller Aufbau

Die Milz ist von einer dünnen Kapsel aus kollagenen und elastischen Fasern umgeben. Aus der Kapsel treten Trabekel ins Organinnere, die die Milz in Segmente unterteilen und das weiche Milzgewebe umgeben.

Das Milzgewebe besteht aus retikulärem Bindegewebe. Diese aus Kollagen III bestehenden, retikulären Fasern sind argyrophil und lagern Silbersalze an, weshalb sie im histologischen Präparat dunkel erscheinen. In das Milzgewebe sind Makrophagen eingelagert.

Der Mensch besitzt im Gegensatz zu anderen Organismen eine Stoffwechsellmilz. Sie besitzt kaum Muskulatur, weshalb eine Sympathikusreizung keine Kontraktion bewirkt, sondern zu einer Blutdrucksteigerung führt.

Rote Pulpa

Die Milz besitzt zwei Arten von Pulpa. Es wird eine rote von einer weißen Pulpa unterschieden. Die rote Pulpa bildet 3/4 des Gewebes und ist aufgrund der Blutfüllung in situ im Präparat hellgefärbt. Die rote Pulpa besteht aus Pulpasträngen und venösen Sinus. Als Pulpastränge bezeichnet man ein Konglomerat von Retikulumzellen, Plasmazellen und Makrophagen. Zwischen den Pulpasträngen liegen postkapilläre Sinus.

Venöse Sinus sind weitlumige Blutgefäße, die der Blutmauserung dienen. In die Blutgefäße sind längsorientierte Endothelschlitze eingelassen. Da die Basalmembran in weiten Teilen fehlt, ist eine offene Blutzirkulation zwischen arteriellem und venösem Blutkreislauf gegeben. Die Erythrozyten müssen, nachdem sie die Hülsenkapillaren passiert haben, aus der roten Pulpa durch die Endothelschlitze in venöse Sinus eintreten. Dazu brauchen sie Elastizität; ist diese nicht mehr gegeben, werden sie durch Makrophagenfortsätze in der Endothelwand, der Schweigger-Seidel-Hülse, phagozytiert.

Weißer Pulpa

Die weiße Pulpa, die im Präparat dunkel erscheint, macht ca. 1/4 des Milzgewebes aus. Sie besteht aus Milzknötchen und sogenannten Malpighi-Körperchen. In der weißen Pulpa, dem sekundär lymphatischen Organbereich der Milz, werden Lymphozyten gebildet, die in die rote Pulpa wandern und über die Sinus in den Blutkreislauf übertreten. Die Zentralarterie in der weißen Pulpa ist von einer PALS umgeben; sie beinhaltet eine T-Zell-Region, in der 70-90% T-Helfer-Zellen und 10-30% zytotoxische T-Zellen sind. Interdigitierende dendritische Zellen (IDZ) können T-Helfer-Zellen Antigene präsentieren.

An die PALS sind Lymphfollikel angelagert. In den Lymphfollikeln liegen die B-Zell-Regionen der weißen Pulpa. Sie gliedern sich in Follikelzentrum, Keimzentrum und Marginalzone. Das Keimzentrum kann je nach Antigenexposition fehlen. Die Marginalzone ist durch eine Mantelregion abgegrenzt.

Die Marginalzone ist die hellere Region um die Lymphfollikel. Sie enthält B- und T-Zellen.

12.4 Tonsilla palatina

Die Tonsillae palatinae gehören mit der Tonsilla pharyngealis, der Tonsilla lingualis, den Tonsillae tubercinae und deren paarigen Seitensträngen zum sekundär lymphatischen System des Rachens, das als Waldeyer-Rachenring bezeichnet wird.

Sie ist Teil des Mukosa-assoziierten lymphatischen Gewebes „MALT“ und liegt zwischen den Rachenbögen Arcus palatoglossus und Arcus palatopharyngeus.

Die Tonsilla palatina hypertrophiert bei Entzündungen häufig, besonders im Kindesalter und verlegt die nasalen Atemwege; eine Tonsillitis ist dann durch Mundatmung erkennbar.

Außen ist die Tonsilla palatina von einem mehrschichtig unverhornten Plattenepithel kapselartig umgeben. Diese Bindegewebskapsel trennt die Tonsilla Palatina vom Rachengewebe. Unterhalb der Kapsel kann man quergestreifte Skelettmuskeln des Rachens erkennen.

Aus der Bindegewebskapsel ziehen Septen in das Gewebe.

Etwa 20 Krypten, die abgestorbene Epithelzellen und Abwehrzellen enthalten, stülpen die Bindegewebskapsel ein.

Dicht unter dem Kryptenepithel liegen Sekundärfollikel, die B-Zone, in der B-Zellen mit großem Keimzentrum enthalten sind.

Zwischen den Follikeln liegt die T-Zone. In dieser Durchgangszone liegen hochendotheliale Venolen, durch die T-Zellen aus dem Blutkreislauf rezirkulieren können.

Über den Follikeln liegen platte Epithelzellschichten, die als follikel-assoziiertes Epithel (FAE) bezeichnet werden. Sie liegen einer nicht durchgängigen Basallamina auf. Hier liegen Lymphozyten, Makrophagen und Granulozyten. Langerhans-Zellen und M-Zellen liegen ebenfalls im follikel-assoziierten Epithel.

M-Zellen sind Antigen-Transporter, die diese per Transzytose in das lymphatische Gewebe transportieren, um eine B-Zell-Antwort auszulösen.

B-Zellen produzieren IgA, welches über die Epithelzellen, ebenfalls per Transzytose, aus dem lymphatischen Gewebe transportiert wird. IgA liegt dann außen als Ummantelung auf der Schleimhautoberfläche.

13. Zunge, Mundhöhle

13.1 Glandula parotis

Die Glandula parotis, die Ohrspeicheldrüse, gehört zusammen mit der Glandula submandibularis und der Glandula sublingualis zu den speichelproduzierenden Drüsen. Zusammen produzieren sie täglich 1,5 Liter Speichel, der unter anderem α -Amylase zur Spaltung von langkettigen Kohlenhydratverbindungen in einfache Zucker enthält.

Die Ohrspeicheldrüsen liegen direkt unter den Wangen. Sie sind außen von einer kollagenfaserigen Bindegewebskapsel umgeben, die die Parotis durch gefäß- und nervenstraßenführende Bindegewebssepten in Lobi und Lobuli unterteilt. In den Septen liegen ebenfalls die größeren Ausführungsgänge der Glandula parotis.

In das lockere Bindegewebe der Glandula parotis sind die Drüsensysteme, sowie Nerven, Blut- und Lymphgefäße eingebettet. Eine Basalmembran trennt das Bindegewebe vom Drüsensystem. Sie ist eine der 3 rein serösen Drüsen des Menschen (neben Pankreas, Glandula lacrimalis), histologisch ist dies an dem randständigen und runden Zellkern erkennbar. Im apikalen Zytoplasma ist Sekretgranula enthalten. Seröses Sekret ist dünnflüssig.

Ausführungsgangsystem

Im Präparat sind häufig Fettzellen eingelagert und sogenannte Schalt- und Streifenstücke erkennbar, die dem Ausführungsgangssystem angehören.

Schaltstücke sind kurz und besitzen ein plattes bis kubisches, flaches, einschichtiges Epithel und sind englumig. Glatte Myoepithelzellen umgeben die Schaltstücke zur Auspressung des Sekrets. Streifenstücke besitzen einschichtiges iso- bis hochprismatisches Epithel mit erkennbarem Lumen. Sie haben basal eine deutlich erkennbare Streifung; dies ist auf Einfaltungen der basalen Zellmembran zur Oberflächenvergrößerung und viele Mitochondrien, die der Energielieferung für den Stoffwechsel dienen, zurückzuführen. Streifenstücke liegen intralobulär.

Die Endstücke haben ein kleines Lumen.

Die Ausführungsgänge der Glandula parotis liegen extralobulär. Sie haben zweischichtiges kubisches bis isoprismatisches Epithel und sind mit Schlussleisten gekennzeichnet. Der Hauptausführungsgang der Glandula parotis überläuft den M. massetericus und durchbohrt den M. buccinator. Beim Kauen wird Speichel dann automatisch ausgepresst.

Innerviert wird die Glandula parotis über die sogenannte Jacobson-Anastomose. Nervenfasern des N. glossopharyngeus lagern sich an den N. mandibularis des Trigeminus an und gelangen so zum Plexus parotideus. Über eine weitere Anastomose mit dem N. facialis, dessen Äste in der Ohrspeicheldrüse liegen, erreichen die parasymphatischen Fasern des N. glossopharyngeus ihr Ziel.

13.2 Glandula submandibularis

Die Glandula submandibularis, die Unterkieferspeicheldrüse, ist eine seromuköse, auch tubuloazinös genannte Drüse. Sie beinhaltet sowohl viele seröse, als auch muköse Drüsenzellen.

Von außen ist die Glandula submandibularis von einer kollagenfaserigen Bindegewebskapsel umgeben. Aus ihr gehen Septen hervor, die das lockere Bindegewebe der Glandula submandibularis in Lobi und Lobuli unterteilt. Die Septen (Septa interlobaria und Septa interlobularia) führen Nerven und Blutgefäße.

In das Bindegewebe sind die Drüsensysteme sowie Nerven, Blut- und Lymphgefäße eingelagert.

Die serösen Endstücke, auch Azini genannt, besitzen viele Streifenstücke. Sie sind an einer leicht rosaroten Farbe erkennbar; die Zellkerne liegen im Massenmittelpunkt, statt randständig.

Die mukösen Endstücke haben deutlich rot angefärbetes Zytoplasma. Die Zellkerne sind basalständig und abgeplattet. Haubenartig sitzen den mukösen Anteilen seröse Endstücke auf. Diese werden seröse Gianuzzi-Halbmonde oder von-Ebner-Halbmonde genannt. Das muköse Sekret ist dickflüssig und viskös. Die Endstücke besitzen ein etwas größeres Lumen.

13.3 Zunge-Papillae filiformes linguae

Die Zunge besteht aus mehreren ineinander verwobenen Muskelfaserzügen der quergestreiften Skelettmuskulatur. Man unterscheidet innere von äußerer Zungenmuskulatur.

Zur inneren Zungenmuskulatur zählen Mm. longitudinales superior und inferior, M. transversus linguae und M. verticalis linguae. Sie bilden ein dreidimensionales Muskelfasergeflecht, das der Zunge zu ihrer hohen Beweglichkeit verhilft.

Die äußeren Zungenmuskeln sind M. genioglossus, M. hyoglossus, M. palatoglossus und M. Styloglossus.

Innervation

Motorisch ist die Zunge durch den N. hypoglossus innerviert; einzig der M. palatoglossus ist durch den N. glossopharyngeus innerviert.

Die sensible Innervation der vorderen 2/3 der Zunge übernimmt der N. lingualis als N. Mandibularis - Endast des N. trigeminus.

Das hintere Drittel wird über Rami linguales aus dem N. glossopharyngeus innerviert.

Als Trennlinie dient der V-förmige Sulcus terminalis. Während der embryonalen Entwicklung steigt von hier aus, im Ductus thyreoglottis, die Schilddrüsenanlage herab. Als Überbleibsel ist das Foramen caecum geblieben.

Die Epiglottis, die bei Reizung zum Erbrechen führt, wird sensibel vom N. vagus innerviert.

Die sensorische Innervation wird im Ncl. tractus solitarii verschaltet.

Die vorderen 2/3 werden über die Chorda tympani des N. facialis, das hintere 1/3 von Rami linguales des N. glossopharyngeus und die Epiglottis von Rami pharyngei des N. vagus innerviert.

Histologischer Aufbau

Drüsen sind hauptsächlich in der Lamina propria und der Muskulatur zu finden. An der Zungenspitze befinden sich seromuköse Glandulae linguales apicales. An den Papillae vallatae befinden sich seröse von-Ebner-Spüldrüsen. Man bezeichnet sie als Glandulae gustatoriae. An der Zungenwurzel liegen muköse Drüsen, Glandulae radices lingulae.

Die Schleimhaut wird durch verschiedene Papillen mit dem Bindegewebe verzahnt. Man unterscheidet Papillae filiformes, fungiformes, foliatae und vallatae.

Papillae filiformes liegen vor dem Sulcus terminalis und dienen dem Tastsinn. Sie sind in Richtung des Rachens gebogen und besitzen mehrschichtig unverhorntes Plattenepithel. Im histologischen Präparat weisen sie einen rötlichen Rand auf und überwiegen als Präparatstruktur.

Papillae fungiformes sind pilzförmige Papillen mit verhorntem Epithel, die auf der Zungenspitze und dem Zungenrücken liegen. Sie sind als helle Punkte auf der Zunge zu erkennen. Sie besitzen Geschmacksknospen auf ihrer Spitze und Thermorezeptoren am Sockel.

Papillae foliatae liegen am hinteren Seitenrand der Zunge. Sie sind blattförmig und besitzen Geschmacksknospen.

Papillae vallatae liegen am hinteren Zungenrücken ebenfalls v-förmig, parallel zum Sulcus terminalis.

In eine Furche, die aus einem tiefen Graben und dem gegenüberliegenden Wall gebildet wird, münden von-Ebner-Spüldrüsen. Sie besitzen knapp 100 Geschmacksknospen auf einer Papille.

13.4 Lippe, längs

Die Lippen werden von mehrschichtig verhorntem Plattenepithel überzogen. Eingebettet in das Epithel sind Haaranlagen, Talgdrüsen, Glandulae sebaciae und merokrine Schweißdrüsen.

Muskuläre Grundlage ist der Pars labialis des M. orbicularis oris, der der mimischen Muskulatur angehört und vom N. facialis innerviert wird.

Das Lippenrot ist die Übergangszone zwischen unverhorntem und verhorntem Plattenepithel. Es ist parakeratinisiert und deswegen nur wenig verhornt.

Im Lippenrot liegen viele Blutgefäße; die hohe Vaskularisierung sorgt für die Rotfärbung.

An der Innenseite der Lippe befindet sich Schleimhaut.

In das submuköse Bindegewebe sind Nerven, Blutgefäße und Glandulae labiales eingebettet. Dies sind seromuköse Drüsen mit großem Lumen; ihre Zellkerne liegen meist basalständig.

14. Zähne

14.1 Zahn

Beim Menschen wird zwischen zwei unterschiedlichen Arten von Gebiss unterschieden. Das juvenile Milchzahngbiss, das 4x5 Zähne umfasst, wird im Alter von 8 bis 12 Jahren abgestoßen und durch das adulte bleibende Gebiss ersetzt. Dieses umfasst 4x8 Zähne.

Generell lassen sich am Zahn eine Krone, der Hals und die Wurzel unterscheiden: Corona dentis, Cervix dentis und Radix dentis. Als Zahnkrone wird der Teil des Zahnes bezeichnet, der oberhalb der Gingiva liegt. Der Zahnhals ist von Gingiva bedeckt. Die Zahnwurzel liegt im Kieferknochen in der sogenannten Alveolis dentis des Ober-/Unterkiefers. Der tiefste Punkt der Alveole wird als Apex dentis bezeichnet.

Schichtbau

Am Zahn werden unterschiedliche Schichten unterschieden. Dazu gehören der Zahnschmelz (Enamelum), das Dentin (Dentinum), der Zement (Cementum) und die Zahnpulpa (Cavitas dentis)

Das Dentin ist eine Substanz die Härter als der Knochen ist.

Die Zellen, die Dentin bilden, werden Odontoblasten genannt und liegen an der Pulpa-Dentin-Grenze. Sie sind zeitlebens in der Lage Prä-dentin, die Vorstufe des Dentins, zu synthetisieren. Dieses Prä-dentin wird dann durch sekundäre Stoffwechselforgänge zu Dentin umgebildet.

Im Präparat ist die schubweise Dentinmineralisierung an sogenannten von-Ebner-Linien erkennbar.

Diese sind senkrecht zu den Tomes-Fasern verlaufende Wachstumslinien.

Die Odontoblasten haben Fortsätze, die als Tomes-Fasern bezeichnet werden. Diese liegen innerhalb von Dentinkanälchen und reichen bis an die Dentin-Grenze heran. Alle Odontoblasten sind über Tight junctions und Desmosomen untereinander verbunden. Sie haben einen basalständigen Zellkern.

Die chemischen Bestandteile des Dentins sind zu 70% amorphe Mineralien, vor allem Hydroxylapatitkristalle. 20% der Dentinsubstanz wird aus organischem Material gebildet. Kollagenfasern des Typs I machen dabei 90 % des organischen Dentinanteils aus. Die restlichen 10% der Dentinsubstanz wird aus Wasseranteilen gebildet.

Der Zahnschmelz ist die härteste Substanz des menschlichen Körpers und bedeckt das Dentin. Er besteht zu 95% aus Hydroxylapatitkristallen. Die restlichen 5% der Schmelzsubstanz werden aus organischen Bestandteilen und Wasser gebildet.

Die Zellen, die in der Lage sind Schmelz zu bilden, heißen Ameloblasten oder Adamentoblasten. Sobald der Zahn die Gingiva durchbricht, gehen die Ameloblasten unter. Schmelz ist somit zellfrei und nicht regenerierbar.

Bauelemente des Zahnschmelzes sind Schmelzprismen von der Schmelz-Dentin-Grenze bis zur unteren Schmelzoberfläche. Während der Ameloblast Schmelz bildet, entfernt er sich von der Schmelz-Dentin-Grenze in Rückwärtsbewegungen. Die Spur, die er dabei hinterlässt sind die Schmelzprismen. Sie sind so lang wie die Schmelzdicke beträgt.

Die Schmelzprismen verlaufen in phasenverschobenen Wellen und werden als Hunter-Schreger-Streifung bezeichnet. Das Längenwachstum der Schmelzprismen ist demgegenüber rhythmisch; die Wachstumslinien werden als Retzius-Streifen bezeichnet.

Der Zement, der nur das Dentin an der Wurzel bedeckt, besteht zu 60% aus Hydroxylapatitkristallen. Seine Entstehung verläuft nach dem Schema der desmalen Ossifikation. Der Aufbau des Zements entspricht auch dem des Geflechtknochens. Der Zement wird durch Sharpey-Fasern, Kollagenfibrillen, die sich bis in das Desmodont fortsetzen, am Alveolarknochen befestigt.

Die Zahnpulpa besteht aus mesenchymartigem Bindegewebe. Dies ist eine hydroskopisch-gallertige Grundsubstanz, in die retikuläre Fasern, Fibroblasten, Odontoblasten, freie Abwehrzellen, sowie Blut- und Lymphgefäße eingelassen sind. Die Pulpa besitzt einen subodontoblastischen Kapillarplexus, den Raschkow-Plexus, der der Schmerzempfindung dient. Der Raschkow-Plexus beinhaltet marklose Nervenfasern, die bis in die Dentinkanälchen reichen. Diese Nervenfasern treten an der Wurzelspitze im Foramen apicis dentis gemeinsam mit Blut- und Lymphgefäßen in den Zahn ein.

Zahnhalteapparat

Der Zahn ist durch mehrere Strukturen im Unter- bzw. Oberkiefer fixiert. Diese Strukturen werden als Zahnhalteapparat bezeichnet.

Dazu zählen Zement, Zahnfleisch, Wurzelhaut (Desmodont) und Alveolarknochen.

Zahnfleisch wird im Fachterminus als verhorntes gingivales Epithel bezeichnet. Es umgibt den gesamten zervikalen Teil des Zahnes und den koronalen Alveolarfortsatz.

Seine Begrenzungen werden vom freien Gingivarand bis zur unverhornten Mundschleimhautgrenze gebildet.

Am Zahn bildet das gingivale verhornte Epithel eine Einstülpung, die als Gingiva-Sulcus bezeichnet wird. Dieser Sulcus bildet einen rinnenförmigen Spalt zwischen Zahnoberfläche und dem Gingivasaum. Am Schmelzepithel ist es von mehrschichtig unverhorntem Epithel umgeben.

Die Wurzelhaut (Desmodont, Periodontium) liegt zwischen der Zahnwurzel und dem Alveolarknochen und wird durch sogenannte Sharpey-Fasern charakterisiert. Sharpey-Fasern sind netzartige Kollagenfaserbündel, die Zahnzement mit dem Alveolarknochen verbinden. Die Zellen, die das Kollagen bilden, sind im Bindegewebe liegende Fibroblasten; sie machen einen Großteil der Matrix aus. Daneben führt das Desmodont Nerven und ein Gefäßkapillarnetz. Der Alveolarknochen ist die knöcherne Befestigung des Zahnes. Er wird aus dem Os maxillare (Oberkiefer) oder dem Os mandibulare (Unterkiefer) gebildet. Der Alveolarknochen ist teilweise von Knochenkanälchen durchsetzt, durch die Blut- und Lymphgefäße zur Versorgung des Zahnes eintreten können. Nervenfasern, mit Mechanorezeptorfunktion und zur Kontrolle des Kaudrucks treten ebenfalls durch diese Knochenkanälchen. Die zemento-alveolären Sharpey-Fasern treten direkt senkrecht zur Oberfläche des Alveolarknochens ein.

14.2 Zahnentwicklung

Der Mensch besitzt im Laufe seines Lebens zwei unterschiedliche Gebisstypen. Das Milchzahngewiss ist das juvenile Zahngewiss des Menschen. Die Milchzahnanlagen werden im zweiten Monat der Embryonalzeit gebildet und bis zum Ende des vierten Lebensjahres ist die Entwicklung des Gebisses abgeschlossen. Die Milchzähne werden abgestoßen, um dem bleibenden Gebiss, den Ersatzzähnen, Platz zu machen. Die Zahnanlage des bleibenden Gebisses wird ebenfalls in der Embryonalzeit gebildet. Nach und nach werden die Milchzähne ersetzt, sodass vor Beginn der Pubertät die Entwicklung des bleibenden Gebisses abgeschlossen ist.

Während der embryonalen Entwicklung werden zwei Zahnbögen ausgebildet. Sie entstehen aus dem Epithel von Ober- und Unterkiefer.

Von den Zahnbögen bis an die Grenze zum mesenchymalen Bindegewebe reicht die sogenannte Zahnleiste. Dies ist eine gefäßlose Epithelschicht, aus der sich später die Milchzähne entwickeln. Die Zahnleiste bildet dazu 10 glockenförmige Epithelknospen aus, aus denen sich diese formieren.

Jede Epithelknospe trägt zunächst eine Schmelzkappe, die sich weiter zur Schmelzglocke umbildet. Die Schmelzglocke ist doppelwandig, sie enthält ein inneres und ein äußeres Schmelzepithel. Dazwischen liegt die Schmelzpulpa.

Die Zellen des inneren Schmelzepithels entwickeln sich zu hochprismatischen Präameloblasten. Die Schmelzpulpa, eine mesenchymartige Bindegewebsschicht, unterteilt man ferner in ein Stratum reticulare und ein Stratum intermedium.

Ersatzzahnleiste

Die zur Zunge und zum Gaumen liegenden freien Zahnleistenränder werden in der embryonalen Zahnentwicklung verlängert und bilden die sogenannte Ersatzzahnleiste. Dies ist eine Epithelleiste aus der sich die bleibenden Zähne bilden.

Zahnpapille

An der Außenseite der epithelialen Basalmembran liegt die Zahnpapille. Innerhalb der Glockenhöhle ist das mesenchymale Bindegewebe zur Zahnpapille verdichtet. Präodontoblasten liegen in direkter Nähe des inneren Schmelzepithels. Durch die Zahnpapille wachsen Gefäß und - Nervenstraßen in die Zahnglocke ein.

Zahnsäckchen

Außen um die Zahnpulpa und die Zahnglocke liegt zellreiches mesenchymales Bindegewebe. Dieses sogenannte Zahnsäckchen bildet den späteren Zahnhalteapparat.

Zahnkrone

Die zwischen innerem Schmelzepithel und Präodontoblasten liegende Basalmembran wird zur Membrana praeformativa. Die Präodontoblasten entwickeln sich zu Odontoblasten, die in der Lage sind Prä-dentin, die Vorstufe des Zahndentins, zu synthetisieren. Dieses Prä-dentin wird in Richtung Membrana praeformativa abgegeben.

Außen an die Membrana praeformativa grenzt die Schicht der Ameloblasten. Diese sind in der Lage Zahnschmelz zu bilden. Die Wachstumsfronten fliehen voreinander.

Die Hartsubstanzen des Zahnes werden an der Zahnkronenspitze gebildet. Das Wachstum geht in Richtung zervikal weiter. Die Schmelzglocke bildet dabei eine zervikale Schlinge.

Zahnwurzel

Die Zahnwurzel wird von Odontoblasten gebildet, die in der Lage sind Wurzelentin zu synthetisieren. Sie liegen in einer epithelialen Wurzelscheide, einem zweiblättrigen Epithel, das in diesem Fall keine Schmelzpulpa umfasst. Dieses Epithel wächst von der zervikalen Schlinge über den Zahnhals hinaus. Das Wachstum geht von der Umschlagfalte in die Tiefe, bis die Zahnwurzel auf Alveolarknochen stößt. Danach wächst der Zahn nach oben bis zum Zahndurchbruch.

Um dem Zahn mehr Stabilität zu geben, wachsen in angelegte Lücken in der Wurzelscheide Mesenchymzellen, die Zement und Desmodont bilden.

15. Magen-Darm-Trakt

15.1 Magen-Darm-Trakt

Grundsätzlich besitzen alle Organe des Magen-Darm-Traktes einen ähnlichen Wandaufbau, der sich jeweils aus einer Tunica mucosa, einer Lamina propria, einer Tunica submucosa, einer Tunica muscularis und je nach Lage zum Peritoneum aus einer Tunica adventitia bzw. Tunica serosa zusammensetzt.

Die Hohlorgane des Verdauungstraktes werden von einer Tunica mucosa ausgekleidet, die zum einen der Resorption und zum anderen als Barriere dient. Unterhalb der Lamina epithelialis

mucosae befindet sich die Lamina propria, die durch ein zellreiches Bindegewebe gekennzeichnet ist.

Innerhalb dieser Schicht lassen sich lichtmikroskopisch zahlreiche retikuläre Fasern, Blut-/Lymphgefäße, Nerven sowie Zellen der Immunabwehr erkennen.

Unmittelbar an die Lamina propria schließt sich die Lamina muscularis mucosae an, die durch glatte Muskelzellen auffällt. Diese Muskelschicht verleiht der Mukosa eine gewisse Beweglichkeit.

Die darunter liegende Tela submucosa enthält neben größeren Blut- und Lymphgefäßen einen sogenannten Plexus submucosus, der auch Meissner-Plexus genannt wird. Dieses Geflecht aus Nervenzellen ist in der Lage die Sekretionsleistung sowie die Eng- und Weitstellung der Blutgefäße zu steuern. Moduliert werden diese autonom arbeitenden Nerven vom vegetativen Nervensystem.

Die Tunica muscularis umfasst eine innere Ringmuskulatur, das Stratum circulare, und eine äußere Längsmuskulatur, das Stratum longitundinale. Zwischen diesen beiden Muskelschichten eingebettet befindet sich ein Plexus myentericus, auch bekannt unter dem Namen Auerbach-Plexus, welcher der Innervation der Tunica muscularis dient. Aus der Zusammenarbeit dieser Nervenzellen und der Muskulatur resultiert die Peristaltik, die den Nahrungsbrei durchmischt und schließlich weiter befördert.

Die Tela subserosa besitzt ähnlich wie die Tunica submucosa Eigenschaften einer bindegewebigen Verschiebeschicht, die unterhalb der Tunica serosa in Erscheinung tritt. Bei intraperitonealer Lage wird das Organ von einer Tunica serosa bzw. bei extraperitonealer Lage von einer Tunica adventitia umhüllt.

15.2 Oesophagus

Die Speiseröhre misst eine Länge von ca. 25 cm und dient ausschließlich dem Weitertransport der speichelhaltigen Nahrung zum Magen. Die Mukosa der Speiseröhre erfüllt keine resorptiven Funktionen.

Das Lumen der Speiseröhre wird von einem mehrschichtig unverhornten Plattenepithel ausgekleidet, das im Querschnitt aufgrund aufgeworfener Längsfalten der Tunica submucosa sternförmig erscheint.

Innerhalb der Lamina propria mucosae, in Nähe des Mageneingangs, lassen sich muköse Glandulae oesophageae cardiaca erkennen .

Lamina muscularis mucosae schließt sich der Lamina propria an und zeigt längsverlaufende Muskelfasern, die im Vergleich zu anderen Magen-Darm-Abschnitten, einen breiteren Durchmesser aufweist.

Die darunter liegende Submukosa ist wie gewöhnlich aus lockerem Bindegewebe aufgebaut. In diesem Bindegewebe liegen viele Glandulae oesophageae, die zu den guten Gleiteigenschaften des Ösophagus-Epithels beitragen. Nerven und Gefäße sind natürlich auch hier vertreten.

Die Muskulatur der Speiseröhre weist typischerweise zwei unterschiedliche Typen von Muskulatur auf. Im Anfangsteil, dem oberen 1/3 der Speiseröhre, liegt quergestreifte Skelettmuskulatur vor, bei der es sich um Ausläufer der Pharynxmuskulatur handelt. Das Mittelstück wird von beiden Muskeltypen, sowohl der glatten als auch der quergestreiften Muskulatur, geprägt.

Im Bereich der Cardia des Magens verdickt sich die Muskulatur des Ösophagus zu einem Schließmuskel, dem Ösophagussphinkter.

Aufgrund der extraperitonealen Lage der Partes cervicalis und thoracica, werden diese Abschnitte von einer Adventitia umgeben, während der abdominale Abschnitt intraperitoneal gelegen ist und somit von einer Serosa umhüllt wird .

15.3 Magen

Die zu sich genommene Nahrung gelangt über die Speiseröhre in den Magen, wo sie zunächst gesammelt und durchmischt wird. Bereits im Magen wird mit der Verdauung und Umwandlung von Nahrung begonnen. Hierbei helfen spezifische Verdauungsenzyme, wie z.B. das Pepsin, die Proteine in ihre einzelnen Bestandteile zu zerlegen. Die wesentliche Funktion des Magens ist jedoch die Sterilisierung des Magenbreis, durch die im Magen synthetisierte und ausgeschüttete Salzsäure.

Aufbau

Der Magen lässt sich insgesamt in vier Abschnitte unterteilen, in eine Pars cardiaca, Fundus gastricus, Corpus gastricus und Pars pylorica, die sich wiederum in Antrum pyloricum und Canalis pyloricus gliedern lässt.

Das Innenrelief des Magens erscheint aufgeworfen und wellenartig. Es handelt sich hierbei um Reservefalten, den Plicae gastricae, die aus Mukosa und Submukosa gebildet werden. Aufgrund dieser Beschaffenheit der Mukosa entstehen an der kleinen und großen Kurvatur des Magens Magenstraßen. Während an der kleinen Kurvatur entlang bevorzugt Flüssigkeiten abwärts fließen, werden schwer verdauliche Nahrungsbestandteile über die große Kurvatur in Richtung Pylorus weitertransportiert.

Ein weiteres Merkmal der Magenschleimhaut sind die Foveolae gastricae, kleine Einsenkungen, die wallartig sogenannte Areae gastricae abgrenzen. In die Foveolae gastricae münden tubuläre Magendrüsen, die die Lamina propria durchspannen.

Das Magenepithel zeichnet sich durch einschichtig hochprismatische Epithelzellen aus, die fähig sind einen Salzsäure-resistenten Schleimteppich zu sezernieren. Ein weiterer Schutzmechanismus gegen das aggressive Milieu bieten abdichtende Tight junctions, über welche die Zellen miteinander verknüpft sind.

Durch das Mikroskop lassen sich runde und zentralständige Kerne in diesen Zellen erkennen. Bei hoher Vergrößerung zeigt sich aufgrund des Drüsencharakters, dass die Feinstruktur kaum von der der Drüsenzellen abweicht.

Es folgt eine Lamina muscularis mucosae, die von mehreren Muskelschichten gebildet wird. Die Vergrößerung zeigt, dass Muskelfasern bis in die Lamina propria reichen.

Die Lamina propria mucosae ist dicht gepackt mit kollagenen und elastischen Fasern sowie diversen Zellen des Immunsystems. Auch hier sind im Schnittpräparat häufig Anschnitte von Gefäßen und Nerven anzutreffen.

Die Tela submucosa des Magens nimmt gegenüber anderen Verdauungsorganen eine Sonderstellung ein, da sie als weitere Besonderheit neben dem Plexus submucosus die Fibrae obliquae enthält, die ausschließlich im Magen vorhanden sind. Es sind zusätzliche schräg verlaufende Muskelfasern, die zwischen dem Stratum circulare und der Tunica submucosa gelegen sind.

Tunica submucosa und muscularis zeigen die gleichen Merkmale wie im gesamten Magen-Darm-Kanal.

Aufgrund der intraperitonealen Lage des Magens liegt ihm eine dünne Serosa mit Mesothel von außen an.

Charakteristika der einzelnen Magenabschnitte:

Kardia

Im Bereich des Mageneingangs sind die Glandulae cardiaca stark verzweigt und besitzen häufig ein großes Lumen. Die Foveolae gastricae sind hier nicht so tief wie im Bereich der Pars pylorica.

Corpus/Fundus

Hier fällt eine zusätzliche Schicht schräg verlaufender Muskulatur direkt unterhalb der Tunica muscularis auf. Es handelt sich hierbei um die Fibrae obliquae, die der Beweglichkeit der Mukosa dienen. Des Weiteren treten lang gestreckte Glandulae gastricae propriae auf, die in die Foveolae gastricae münden. Sie lassen sich in einen Isthmus, Drüsenhals und Hauptteil unterteilen und verfügen insgesamt über fünf Zellarten.

Pylorus

Der Pylorus lässt sich in Antrum pyloricum und Canalis pyloricus unterteilen. Die Schleimhaut zeigt besonders tiefe Foveolae gastricae, in die rein muköse Pylorusdrüsen münden, die nicht so stark verzweigt sind wie die in der Cardia. Als weiteres Unterscheidungsmerkmal sind die enteroendokrinen Zellen, zu denen beispielsweise die G-, EC- und D-Zellen gehören, zu nennen. Ein wichtiges Hormon, das die Verdauungsvorgänge reguliert, ist das von den G-Zellen produzierte Gastrin, das die Salzsäuresekretion im Magen stimuliert.

Zellen des Magens:

Hauptdrüsen des Magens

Diese Drüsen lassen sich in drei Abschnitte gliedern.

Am Isthmus, der den Übergang in die Foveolae gastricae darstellt, befinden sich hauptsächlich Schleimzellen sowie Stammzellen. Im Halsteil dominiert die Anwesenheit von Nebenzellen und Parietalzellen, während im Hauptteil die Hauptzellen vorherrschen. Endokrine Zellen liegen verstreut im Drüsenhals und Hauptteil.

Oberflächenepithelzellen

Sie produzieren einen Schleimteppich, der aufgrund seines neutralen Charakters dem Epithel als Schutzbarriere vor dem sauren Milieu im Magen dient. Nach durchschnittlich 3-6 Tagen gehen diese Zellen unter und werden, ausgehend von Stammzellen, durch neue nachrückende Zellen ersetzt.

Nebenzellen

Sie lassen sich aufgrund ihrer blassen Färbung und ihres schmalen Zelleibes im Präparat gut von den anderen Zellen der Glandulae gastricae propriae abgrenzen. Die Nebenzellen haben eine unregelmäßige Form und ihre Kerne liegen basal. Sie sind verantwortlich für die Produktion anionischer Muzine, die sie ins Drüsenlumen abgeben. Ihr Schleim ist somit sauer.

Hauptzellen

Sie unterstützen die Eiweißspaltung, indem sie inaktives Pepsinogen produzieren und ausschütten. Dieses wird nach Kontakt mit der Salzsäure im Magen zum aktiven Pepsin umgewandelt. Neben Pepsinogen bilden die Hauptzellen des Magens Lipase zur Fettspeicherung. Vor allem der Hauptteil der Drüsen wird von ihrer Anwesenheit geprägt. Zu ihren Charakteristika gehört u.a. ein basophiles Zytoplasma, weshalb sie im Präparat schwach bläulich erscheinen.

Belegzellen/Parietalzellen

Diese Zellgattung ist in der Lage H^+ -Ionen im Rahmen der Salzsäureproduktion und einen Intrinsic factor zu synthetisieren, welcher die Vitamin B12-Resorption im Ileum ermöglicht. Die Resorption dieses Vitamins ist von großer Bedeutung für die Erythropoese. Die Parietalzellen dominieren überwiegend im Halsteil der Magendrösen. Belegzellen sind rund oder pyramidenförmig und besitzen einen zentral gelegenen, runden Zellkern. Aufgrund ihrer hohen Mitochondriendichte besitzen die Belegzellen einen azidophilen Charakter, der sie im Präparat rötlich erscheinen lässt. Außerdem fallen sie dadurch auf, dass sie mit ihrem Zellkörper unmittelbar der Basalmembran aufliegen und diese vorbuckeln.

Stammzellen

Sie sind am Isthmus vertreten und tragen entscheidend dazu bei, dass die Epithelien sich ständig regenerieren.

15.4 Dünndarm

Der Dünndarm weist eine Gesamtlänge von insgesamt 3-6 Metern auf und gliedert sich Duodenum, Jejunum und Ileum.

Hier steht vor allem der resorbierende Charakter der Mukosa im Vordergrund, was sich im Feinbau des Epithels zeigt. Natürlich werden auch hier noch nicht abgeschlossene Verdauungsvorgänge zu Ende geführt. Die Abgabe gastrointestinaler Hormone gehört ebenfalls zum Aufgabenspektrum des Dünndarms.

Die Mukosa ist durchsetzt von darmassoziiertem lymphatischem Gewebe, um gegen die mit der Nahrung aufgenommenen Erreger eine wirksame Immunabwehr bereitzuhalten.

Resorption

Der resorptive Charakter zeichnet sich u.a. durch die Ausbildung von Plicae circulares, den Kerkring-Falten, aus. An dieser Faltenbildung sind Mukosa und Submukosa beteiligt und erreichen so eine Oberflächenvergrößerung um das 1,5 fache. Die Höhe dieser Falten nimmt nach aboral hin ab.

Das Darmepithel zeigt ein einschichtiges zylindrisches Epithel, dessen Enterozyten eine Lebensdauer von ca. 5 Tagen besitzen. Täglich werden im Rahmen der Zellerneuerung ca. 150 g Epithel abgestoßen und ausgeschieden.

Ein weiteres Merkmal der Mukosa sind sogenannte Villi intestinales, die eine Höhe von 0,5-1,5 mm messen und nach aboral hin kürzer werden. Sie sitzen auf den Kerkring-Falten und vergrößern die Oberfläche weiter um das 5 fache. An ihrer Bildung sind nur das Oberflächenepithel und die Lamina Propria beteiligt.

Bei höherer Vergrößerung erkennt man, dass die Enterozyten auf ihrer Oberfläche einen Bürstensaum aus Mikrovilli besitzen. Letztendlich wird eine Oberflächenvergrößerung um das 30 fache erzielt, wodurch die Resorptionsleistung erheblich, um mehr als das 200fache, gesteigert wird. Für die Resorption der Nährstoffe steht nun eine Fläche von mehr als 100 m² zu Verfügung. Ein weiteres Merkmal des Darmepithels ist das Vorhandensein von Becherzellen, deren Anzahl von proximal nach distal zunimmt. Die sich zwischen den Zotten befindlichen Lieberkühn-Krypten

enthalten Enteroendokrine Zellen, Stammzellen und Paneth-Körnerzellen, die azidophile Granula im apikalen Zytoplasma zur Lysozymproduktion enthalten. Bei mikroskopischer Vergrößerung lassen sich Enteroendokrine Zellen aufgrund ihrer basalen Körnung gut erkennen. Sie sind zuständig für die Bildung von Peptidhormonen und biogenen Aminen.

Innerhalb des Zottenstromas verlaufen Arteriolen, eine zentrale Venole und ein zentrales Chylusgefäß, in dem die aufgenommenen Nährstoffe abtransportiert werden. Bei weiterer Vergrößerung fällt eine Zottenpumpe auf, in die feine Bündel glatter Muskulatur aus der Lamina muskularis mukosae hineinstrahlen, mit deren Hilfe die Lymphgefäße entleert werden

Differenzialdiagnose der Dünndarmabschnitte:

Duodenum

Ins Duodenum münden über die Papilla duodeni major die Ausführungsgänge von Leber und Pankreas.

Im Bulbus duodeni fehlen Plicae circulares.

Die Glandulae Duodenales, auch Brunner-Drüsen genannt, sind tubuloalveoläre Drüsen, die ausschließlich in der Submukosa vorkommen und in flache Krypten münden, wo sie ein muköses Sekret, Bikarbonat und proteolytische Enzyme abgeben. Ein Teil, die Pars superior, liegt intraperitoneal und wird von Serosa umgeben, während der Rest des Duodenums extraperitoneal liegt und von einer Adventitia umgeben wird.

Jejunum

Der Leerdarm liegt intraperitoneal. Er ist von einer Serosa umgeben und weist hohe, dicht stehende Plicae circulares auf. Das Epithel bildet hier ebenfalls fingerförmige Zotten.

Ileum

Hier sind als Besonderheit die Peyer-Plaques zu nennen. Dabei handelt es sich um eine dichtstehende Ansammlung von Lymphfollikeln in der Lamina propria, die die Lamina muscularis mucosae durchbrechen und von abgeflachten Darmepithelzellen, mit M-Zellen an der Oberfläche, bedeckt werden. Die Epithelaufwerfungen und die Plicae circulares werden flacher und treten in größeren Abständen auf. Der Krummdarm liegt intraperitoneal.

Die arterielle Versorgung des gesamten Dünndarms erfolgt über die A. mesenterica superior, wobei das Duodenum zusätzlich über den Truncus coeliacus versorgt wird. Der venöse Abfluss wird in das Stromgebiet der V. portae hepatis geleitet.

15.5 Dickdarm

Der Dickdarm ist ca. 1,5 m lang und gliedert sich in Caecum, Colon und Rectum.

Im Dickdarm erhält der Darminhalt durch Entziehen von Wasser und Salzen eine festere Konsistenz. In diesem Bereich des Verdauungskanales steht die Gärung und Fäulnis von Kohlenhydraten, sowie Proteinen, im Vordergrund. Dieser Prozess wird von einer speziellen Darmflora geleistet.

Der von den zahlreichen Becherzellen sezernierte Schleim dient als Schutz- und Gleitmittel für den eingedickten Stuhl. Im Querschnitt lassen sich inkonstante Plicae semilunares erkennen, die zur Haustrennbildung des Dickdarms beitragen. Ein weiteres Merkmal des Dickdarms sind die auf der Serosaseite zu beobachtenden Taenien, wo die Tunica muscularis auf drei Längsbänder, die Taenia libera, Taenia omentalis und Taenia mesocolica, reduziert ist. Außerdem weist der Dickdarm sogenannte Appendices epiploicae auf, bei denen es sich um Fettausstülpungen des Peritoneums handelt.

Caecum, Appendix vermiformis und Rectum weisen diese Merkmal nicht auf. Durch das Mikroskop lassen sich auf der Mukosa keine Zotten und kaum noch Paneth-Körnerzellen erkennen. Jedoch sticht eine hohe Anzahl von Becherzellen hervor.

Caecum mit Appendix vermiformis, Colon transversum und Colon sigmoideum haben außen eine Tunica serosa anliegen. Colon ascendens und descendens sowie Rectum sind von einer Tunica adventitia umgeben.

Die arterielle Versorgung erfolgt über die A. mesenterica superior bis zur linken Colonflexur, zum Cannon-Böhmschen-Punkt. Danach erfolgt die Versorgung über die A. mesenterica inferior, die Drummond- und Riolan-Anastomosen bildet. Der venöse Abfluss fließt in das Stromgebiet der V. portae hepatis. Eine Ausnahme bildet das mittlere und untere Rectum, da diese Abschnitte in die V. cava inferior drainieren.

15. Appendix vermiformis

Im Wurmfortsatz kommen weniger und kürzere Krypten vor und die äußere Längsmuskelschicht ist geschlossen. Der Appendix vermiformis gehört zu den lymphatischen Organen, weshalb hier zahlreiche Lymphfollikel angesiedelt sind, die von der Tela submukosa bis in die Lamina propria reichen. Bedeckt wird diese Ansammlung von einem Domepithel, welches auf seiner Oberfläche M-Zellen trägt, die in der Lage sind, Antigene durch das Epithel hindurch zu schleusen, um diese anschließend den lymphatischen Zellen zu präsentieren.

16.

Pankreas

16. Pankreas

Das Pankreas wird in Caput, Corpus und Cauda unterteilt.

Dieses Organ erfüllt sowohl exokrine als auch endokrine Funktionen. Der exokrine Anteil dieser Drüse beträgt ca. 98% und ist rein serös. Das Pankreas bildet Vorstufen von Proteasen wie z.B. Trypsinogen und Chymotrypsinogen, die es ins Duodenum ausschüttet, wo die Proteine erst aktiviert werden. So ist garantiert, dass das Pankreas sich nicht selbst verdaut.

Die Pankreasenzyme sind von großer Bedeutung für die Verdauung, da sie durch Zerlegung der Nahrung in ihre kleinsten Bestandteile die wertvollen Nährstoffe für das Darmepithel erst aufnahmefähig machen. Das Schnittpräparat zeigt aufgrund des Drüsencharakters zahlreiche Drüsenendstücke und Ausführungsgänge unterschiedlichen Kalibers. Bei näherer Betrachtung dieser Strukturen fällt auf, dass Streifenstücke und Myoepithelzellen fehlen. Durch Bindegewebssepten, die als Durchgangsstraßen für Blutgefäße und große Ausführungsgänge dienen, wird das Pankreasgewebe in Lappen und Läppchen unterteilt.

Nach erfolgter Stimulierung der Azinuszellen durch Cholezystokinin, beginnen sie ihre enzymhaltigen Sekretgranula ins Lumen auszuschütten. Die Zellen des Gangsystems beginnen, durch Sekretin stimuliert, mit der Abgabe eines bikarbonatreichen Bauchspeichels, um den sauren Duodenalinhalt zu puffern.

Die Azinuszellen sind charakterisiert durch ihr basal liegendes rER, was den basophilen Charakter dieser Zellen verursacht. Apikal liegen Golgi-Apparat und Sekretgranula, in denen sich die späteren Verdauungsenzyme befinden. Diese Strukturen tragen zu einem eosinophilen Charakter dieser Zellen bei. Die Schaltstücke weisen ein flaches bis kubisches Epithel auf und besitzen einen geringen Lumendurchmesser. Typischerweise lassen sich zentroazinäre Zellen in den Drüsenendstücken erkennen. Diese zentroazinären Zellen sind Einstülpungen der benachbarten Schaltstücke.

Die Ausführungsgänge werden von einem einschichtigen Zylinderepithel ausgekleidet, das mit kurzen Mikrovilli ausgestattet ist. Die Schaltstücke verzweigen sich zu intralobulären und interlobulären Ausführungsgängen, die sich wiederum zum Ductus pancreaticus vereinigen. Dieser mündet letztendlich zusammen mit dem Ductus choledochus in die Papilla duodeni major.

Der endokrine Anteil der Drüse beträgt ca. 2%. Mehr als 1 Mio. Langerhans-Inseln befinden sich im Pankreas, die am dichtesten in der Cauda lokalisiert sind. Lichtmikroskopisch erscheinen sie als helle, gelb gefärbte Ansammlungen von Zellen.

Zu den wichtigen endokrinen Zellen der Langerhans-Inseln gehören:

B-Zellen

Sie produzieren Insulin und stellen mit ca. 80% den größten Anteil der Zellen. Insulin speichert Glucose in Leberzellen, Muskelzellen und Fettzellen. Dies hat zur Folge, dass der Blutzuckerspiegel gesenkt wird.

A-Zellen

In diesen Zellen findet die Produktion von Glukagon statt. Ihr Anteil liegt bei ca. 15% .Größtenteils liegen sie in der Inselperipherie. Glukagon hat eine antagonistische Wirkung zum Insulin, da es Glucose aus Glycogen freisetzt.

D-Zellen

Die Zellen sind in der Lage Somatostatin zu synthetisieren. Dieser Zelltyp kommt zu 5% in den Langerhans-Inseln vor. Somatostatin inhibiert A-Zellen, in hoher Konzentration auch B-Zellen und die exokrine Funktion des Pankreas.

PP-Zellen

Das Pankratische Polypeptid ist das Produkt dieser Zellen, die zu einem relativ geringen Anteil von 1-2% vorkommen. Das Hormon hat die Fähigkeit die exokrine Funktion des Pankreas zu hemmen.

D1-Zellen

Sie bilden das vasoaktive intestinale Polypeptid (VIP).

Differentialdiagnose Glandula parotidea und Pankreas

Im Pankreas sind lichtmikroskopisch deutliche Langerhans-Inseln im Caudabereich und zentroazinäre Zellen in den Drüsenendstücken zu erkennen. Das Pankreas besitzt im Gegensatz zur Ohrspeicheldrüse keine Streifenstücke und Myoepithelzellen.

17. Leber, Gallenblase

17.1 Leber

Die Leber ist mit einem Gewicht von 1.5 kg die größte Drüse unseres Körpers. Das Organ wird insgesamt in vier Lappen unterteilt, Lobus dexter und sinister und zwei Läppchen an der Unterseite der Leber. Das Organ wird von einer Glisson-Kapsel eingeschlossen, die ins Organinnere einstrahlt. Die so entstandenen Septen teilen das Organ in sogenannte Portalfelder ein. An den Ecken benachbarter Leberläppchen befinden sich sogenannte Glisson-Trias, welche mindestens aus einem Ast der A. Hepatica, einem Ast der V. Portae hepatis und einem Gallengang bestehen.

Differentialdiagnose

Die Gallengänge haben ein kubisches bis hochprismatisches Epithel, während die Vv. Interlobulares alle gängigen Charakteristika einer Vene aufweisen, nämlich eine dünne und muskelarme Wand. Die Aa. Interlobulares sind ebenfalls englumig, aber sie unterscheiden sich deutlich durch eine kräftige Tunica muscularis von den anderen Gangsystemen.

Bei histologischer Betrachtung lässt sich die Leber unter verschiedenen Betrachtungsweisen analysieren.

Eine Möglichkeit der Betrachtung bietet das Zentralvenen-Läppchen, bei dem es sich um eine sechseckige Säule handelt, in deren Mitte sich eine Zentralvene befindet. Aufgrund des nur im geringen Umfang vorhandenen Bindegewebes, ist die klassische Läppchengliederung teilweise nur zu erahnen. Vom Rand der Leberläppchen zeigen Lebersinusoiden, in denen Mischblut aus Arterie und Vene fließt, auf die Zentralvene. Durch das Mikroskop erkennt man sie an ihrem weitem und unregelmäßigen Lumen. Aufgrund der unterschiedlichen Weite dieser Sinusoide wird eine Blutstromverlangsamung erzielt, wodurch der Stoffaustausch mit der Umgebung optimiert wird, da die Kontaktzeit mit den Hepatozyten erhöht wird.

Die zum Lumen zeigende Seite der Sinusoide ist mit einem diskontinuierlichen Endothel ohne Basallamina ausgestattet, damit Blutbestandteile von Leberzellen aufgenommen bzw. Stoffwechselprodukte wieder abgegeben werden können. Zwischen Sinusendothel und Enterozyten existiert ein Plasmagefüllter Spalt, der auch Disse-Raum genannt wird. Dort befinden sich neben dem Blutplasma sogenannte Ito-Zellen, die Vitamin A speichern und viel intralobuläres Bindegewebe, beispielsweise im Rahmen einer Leberzirrhose, produzieren. Außerdem werden bei Versilberung des Organs Bündel von Kollagenfibrillen im Spaltraum sichtbar. Innerhalb der Sinusoiden befinden sich wandständige Kupfer-Sternzellen, die zum Makrophagen-Phagozyten-System gehören. Sie haben die Aufgabe vorbeischwimmende Zellfragmente oder Fremdkörper aufzufangen und zu entsorgen.

Die Sinusoide werden von aneinander gereihten Hepatozyten begrenzt, die auf die Zentralvene gerichtet sind. Der Gallenpol wird von den Canaliculi biliferi gebildet, die keine eigene Wandauskleidung besitzen. Diese Kanäle werden von benachbarten, Mikrovilli tragenden Plasmamembranen der Hepatozyten gebildet, die über Tight junctions dicht aneinander liegen und nur sehr kleine Lücken auslassen, in denen die Galle abfließen kann.

Weg der Galle

Die Canaliculi biliferi werden zu Hering-Kanälchen. Nach Eintritt in das periportale Feld spricht man vom Ductus interlobularis biliferi, von denen sich mehrere zu sogenannten Ductuli biliferi zusammenschließen.

Bei Austritt der Gallenkanäle spricht man schließlich vom „Ductus hepaticus“.

Eine weitere Gliederungsmöglichkeit stellt der Azinus dar. Bei dieser veralteten Bezeichnung liegen die Glisson-Trias mit ihren versorgenden Gefäßen mittig. An den beiden Rändern befinden sich die Zentralvenen. Es werden alle von einem Glisson-Trias versorgenden Hepatozyten in Augenschein genommen, während man zwischen drei unterschiedlichen Zonen differenziert. Das über Arterie und Portalvene zufließende Blut reagiert zunächst mit Zellen der ersten Zone. In der zweiten Zone muss bereits berücksichtigt werden, dass ein Teil des Sauerstoffes im Blut durch die Hepatozyten verbraucht wurde. In der 3. Zone sind die Blutbestandteile einschließlich der Sauerstoffgehalt des Blutes aufgrund der vorangegangenen Stoffwechselleistung durch die Leberzellen erheblich verändert. Unter diesen veränderten Bedingungen sind der Glukosestoffwechsel, die Lipogenese sowie die Harnstoffbildung begünstigt.

Hinweis

Alle Leberzellen können aufgrund ihrer enzymatischen Eigenschaften sämtliche StoffwechsellLeistungen umsetzen.

Das periportale Feld ist eine weitere Gliederungsmöglichkeit. Hier werden die 3 Ecken von den Vv. Centrales gebildet, wobei das periportale Feld zentral gelegen ist. Hier soll die Gallensekretion und ihr Abfluss in die periportalen Felder genauer betrachtet werden.

17.2 Gallenblase

Die Vesica fellea liegt an der Unterseite der Leber, in unmittelbarer Nähe zur Porta hepatis. Hierbei handelt es sich um ein birnenförmiges Hohlorgan mit einem Fassungsvermögen von 70 ml. In der Gallenblase selbst wird keine Galle produziert, sondern nur aufbewahrt und eingedickt, um bei Bedarf Galle ins Duodenum abzugeben. Befindet sich keine Nahrung im Duodenum, verschließt sich der Sphincter-Oddi und Lebergalle fließt über den Ductus cysticus in die Gallenblase zurück. Die Gallenblase benötigt eine große Oberfläche für ihre Resorptionsleistung, das Entziehen von Wasser.

Aus diesem Grund besteht die Lamina epithelialis der Mukosa aus einem einschichtigen Zylinderepithel mit Mikrovilli und Haftkomplexen. Die Lamina propria zeigt viele Anschnitte von Gefäßen. Bei näherer Betrachtung bemerkt man, dass eine Lamina muscularis mukosae fehlt. In der Tunica muscularis fehlt eine klare Gliederung in Stratum circulare und longitudinale. Durch Cholecystokinin angeregt, beginnt die Muskulatur sich unwillkürlich zu kontrahieren, um die Galle auszutreiben. Das Schleimhautrelief zeigt im Schnittpräparat Reservefalten, deren Höhe, abhängig vom Füllungszustand, variiert. Außerdem lassen sich sogenannte Rokitansky-Aschoff-Krypten erkennen, bei denen es sich um keine echten Krypten handelt.

18. Lunge

18.1 Trachea quer

Die ca. 12 cm lange Trachea beginnt auf Höhe des Ringknorpels und endet an der Bifurcatio tracheae, wo sie sich in die beiden Hauptbronchien, den rechten und linken Bronchus principalis, teilt. Im Bereich dieser Gabelung wird das luftleitende System von einem unverhorntem Plattenepithel ausgekleidet. Der Aufbau der Mukosa zeigt alle typischen Eigenschaften eines respiratorischen Epithels. Durch das Mikroskop erkennt man ein mehrreihiges, flimmertragendes Epithel, das hochprismatisch ist. An der Oberfläche erkennt man zahlreiche Becherzellen, die der Schleimsezernierung dienen.

Die Lamina propria enthält seromuköse, muzinproduzierende Drüsen, die vor allem in der Paries

membranaceus anzutreffen sind. Außerdem werden vereinzelt zum BALT gehörende Lymphfollikel von der Lamina propria eingeschlossen, die der Abwehr eingedrungener Fremdkörper dienen. Die Tunica fibro-musculo-cartilaginea der Trachea wird insgesamt von 16 – 29 C-förmigen, nach dorsal offenen, hyalinen Knorpelspangen gebildet, die eine stabilisierende Funktion auf die Luftröhre ausüben, um die wechselnden Druckverhältnisse im Thorax im Rahmen der Inspiration und Expiration kompensieren zu können. Untereinander sind diese Knorpelspangen über in der Paries membranaceus längsverlaufende Ligamenta anularia verbunden. Die Hinterwand der Luftröhre setzt sich aus elastischen Fasern und glatter Muskulatur zusammen. Außen liegt eine Tunica adventitia an.

Weg der Luft

Zu den konduktiven Atemwegen, die nur der Luftleitung dienen, zählen die Trachea und alle weiteren Bronchienabschnitte bis zu den bronchioli respiratorii, in denen bereits Gasaustausch stattfindet. Zu den respiratorischen Atemwegen gehören weiterhin der Ductus alveolares, die Sacculi alveolares und schließlich die Alveoli pulmonis.

18.2 Lunge

Der Bronchus weist einige Unterschiede zum Wandbau der Trachea auf. Die Lamina propria beinhaltet viele elastische Fasern, die dem Epithel eine gewisse Flexibilität verleihen. Ein weiteres Merkmal des Bronchus ist eine kontinuierliche Muskelschicht, die in der Lage ist das Lumen, z.B. im Rahmen eines Asthma-bronchiale, aktiv zu verengen und somit die Ausatmung erheblich zu erschweren.

Durch Reizung parasymphatischer Nervenfasern kommt es zu einer örtlichen Kontraktion der Muskulatur, während ein Sympathikusreiz die Muskulatur erschlaffen lässt, was eine Erweiterung des Lumens bedingt.

Seromuköse Drüsen lassen sich hier ebenfalls erkennen. Die Knorpelplatten beginnen an Dicke abzunehmen und werden zunehmend unregelmäßiger, die in den kleinsten Bronchien keinen hyalinen Knorpel mehr aufweisen, sondern elastischen Knorpel. Das die Bronchien umgebende Bindegewebe enthält u.a Vasa privata, die der Eigenversorgung des Epithels dienen.

Im Bronchiolus sind keine Knorpelstrukturen und Drüsen mehr zu erkennen. Das Epithel ist einreihig zylindrisch bis kubisch geworden und trägt nach wie vor Flimmerhaare. Es lässt sich feststellen, dass die Zahl der Becherzellen inzwischen stark zurück gegangen ist. Allerdings ist eine Zunahme von glatter Muskulatur zu verzeichnen, die der Regulierung der Lumenweite dient.

Ein wesentlicher Unterschied des Bronchiolus terminalis zum Bronchioli ist das Fehlen von Becherzellen. Dafür tritt in den Bronchioli terminales eine bisher noch nicht vorkommende Zellart auf, die zilienfreien Clara-Zellen, die in der Lage sind Proteine zur Abwehr auszuschütten.

Jeder Bronchiolus terminalis teilt sich weiter in die Bronchioli respiratorii, die sich wiederum weiter verzweigen. Sie dienen gleichzeitig der Luftleitung und dem Gasaustausch. Die Bronchioli respiratorii zeigen seitliche Vorwölbungen, die durch benachbarte Alveolen hervorgerufen werden. Anschließend gelangt die Luft in den Ductus alveolaris, der von einem einschichtigen kubischen Epithel ausgekleidet wird. Aus ihnen gehen sphinkterähnliche Eingänge in die Alveolen hervor, die Sacculi alveolares. Diese Eingänge werden aufgrund ihrer Ringform auch Alveolarringe genannt. Die sich anschließenden Alveolen werden durch Septen getrennt. Das Epithel wird geprägt von

zwei unterschiedlichen Pneumozytentypen. Die Pneumozyten vom Typ I sind vergleichsweise sehr groß und erscheinen mikroskopisch abgeflacht. In den Schnittpräparaten erscheinen sie öfter als die Pneumozyten vom Typ II. Sie tragen wesentlich zur Blut-Luft-Schranke bei, die zusätzlich aus Kapillarendothel, verschmolzener Basallamina der Kapillaren und des Alveolarepithels besteht. Pneumozyten Typ II sezernieren Surfactant, mit dessen Produktion sie erst ab der 28. SSW beginnen. Die Funktion des Surfactant kann jedoch erst ab der 34. SSW wahrgenommen werden, was ein großes Problem für den Frühgeborenen darstellt.

Der Surfactant-Factor reduziert die alveoläre Oberflächenspannung, sodass die Alveolen auch nach der Ausatmung offen gehalten werden. Die Pneumozyten vom Typ II liegen in Einbuchtungen und besitzen eine kubische Gestalt. Sie dienen als Stammzellvorrat für die Pneumozyten vom Typ I. Eine weitere Zellart, die die Wand der Alveolen besiedelt, sind die Alveolarmakrophagen, die mittels ihrer Zytoplasmafortsätze Fremdkörper aufnehmen und abbauen können. Sie haben sich aus den Vorläuferzellen, den Blutmonozyten, entwickelt.

19. Niere

19.1 Niere

Das Organ ist paarig angelegt und wird von einer bindegewebigen Kapsel umschlossen. Sie ist essentiell wichtig für die Ausscheidung wasserlöslicher Stoffe. Somit nimmt sie eine wichtige Rolle bei der Regulierung des Salz-, Wasser- und Säure-Basen-Haushaltes ein. Neben der Aufrechterhaltung des inneren Milieus erfüllt das Organ endokrine Aufgaben wie z.B. die Ausschüttung von Renin, welches in den glatten Muskelzellen der Vasa afferentia gebildet wird. Erythropoietin, ein weiteres endokrines Hormon der Niere, wird vermutlich von interstitiellen Zellen der Rinde produziert. Calcitriol hingegen ist ein Produkt der Niere, welches im proximalen Tubulus synthetisiert wird.

Grobe Gliederung der Niere

Die Rinde (Cortex) existiert als randständiger Streifen an der Basis der Pyramiden und als Columnae renales zwischen den Pyramiden. Das Mark (Medulla) erscheint als Markpyramide, von deren Basis Markstrahlen in den Cortex ziehen.

Die Markpyramiden lassen sich in ein äußeres und inneres Mark unterteilen, wobei das äußere Mark sich wiederum in einen Außen- und Innenstreifen gliedern lässt.

Die kleinste Funktionseinheit der Niere ist das Nephron, welches sich aus dem Nierenkörperchen und den Nierenkanälchen zusammensetzt. Das Nierenkörperchen befindet sich in der Rinde. Innerhalb dieses Nierenkörperchens wird durch Filtration des Blutes ein Primärharn von ungefähr 180 l/Tag gebildet. Der Raum, in dem der Primärharn aufgefangen wird, ist sehr schmal und setzt sich am Harnpol in den Tubulus fort. Das Glomerulus, ein Kapillarknäuel, wird gebildet aus dem Vas afferens, das eine Verlängerung der A. Corticalis radiata darstellt. Ein Vas efferens, welches ebenfalls wie das Vas afferens am Mesangium befestigt ist, entspringt aus dem Glomerulus. Später wird das Vas efferens, vorausgesetzt es handelt sich um ein juxtamedulläres Nephron, zum Vas recta.

Das Nephron wird von einer doppelwandigen Bowman-Kapsel, welche aus einem inneren viszeralem und äußeren parietalem Blatt aufgebaut ist, eingeschlossen. Das viszerale Blatt wird von Podozyten gebildet, die die äußere Schicht der Glomeruluskapillaren bedecken. Die Paries externa des Nierenkörperchens ist aus einem niedrigen, einschichtigen Plattenepithel aufgebaut.

Blut-Harn-Schranke

Die Blut-Harn-Schranke setzt sich aus drei Strukturen zusammen: Kapillarendothel, Basalmembran und Podozyten.

Das Kapillarendothel ist fenestriert und besitzt kein Diaphragma, da nur so eine gewisse Filtrationsrate geleistet werden kann. An der Oberfläche weist es eine anionische Glykokalix auf, die den Durchtritt bestimmter Moleküle verhindert. Einzig die dreischichtige Basalmembran weist eine kontinuierliche Struktur auf, die vor allem den Durchtritt hochmolekularer Plasmabestandteile unterbinden soll.

Als Podozyten bezeichnet man die auf den Kapillaren sitzenden Epithelzellen, zwischen denen die mit einer anionischen Glykokalix versehene Schlitzmembran liegt.

Nierenkanälchen (Tubuli renales)

Bei den Nierenkanälchen handelt es sich um ein Röhrensystem, das bis zu 99% des Wassers und der darin gelösten Teilchen dem Körper wieder zuführt. Ohne ein solches System würde der Mensch binnen kurzer Zeit zu viel nicht konzentrierten Harn ausscheiden, was längerfristig dem Organismus große Probleme bereiten würde. Am Ende dieser Rückresorption entsteht ein Endharn von ca. 1,5 l pro Tag, der effektiv ausgeschieden wird.

Die Rückresorbierfähigkeit des Epithelrohrs ist durch den Einfluss von Hormonen wie z.B. ADH regulierbar. Die Harnableitenden Rohrsysteme lassen sich folgendermaßen gliedern. Zunächst wird der Harn in den proximalen Tubulus geleitet, der sich einmal aus einer Pars convoluta zusammensetzt, die ausschließlich in der Rinde vorzufinden ist. Zum anderen aus einer Pars recta, die im Außenstreifen des äußeren Marks in Erscheinung tritt. Aufgrund eines hohen Bürstensaums, der ins Lumen hineinragt, lässt er sich gut vom distalen Tubulus abgrenzen. Nach Passieren des proximalen Tubulus, gelangt der Harn in die Pars descendens des Intermediärtubulus, die im Innenstreifen des äußeren Marks beginnt und bis ins innere Mark reicht. Der Tubulusabschnitt macht nun einen Knick und verläuft als Pars ascendens ausschließlich im inneren Mark. Der Intermediärtubulus ist das dünnste Kanälchen mit dem niedrigsten Epithel, dessen Zellen mehrere Zellkerne aufweisen können. Der sich anschließende distale Tubulus gliedert sich in eine Pars recta, die vom äußeren Mark bis zur Macula densa reicht. Dieser Kontaktpunkt, auch dichter Fleck genannt, gehört zum juxtaglomerulären Apparat und enthält Chemorezeptoren.

Die Pars convoluta liegt gemeinsam mit dem Verbindungstubulus ausschließlich in der Rinde. Das Epithel im distalen Tubulus ist kubisch und weist eine basale Streifung auf. Das Sammelrohr stellt den letzten Abschnitt dieses Rohrsystems dar, bevor der Harn über das Nierenbecken in die beiden Ureteren gelangt. Es beginnt innerhalb des Markstrahls.

Es ist zu beachten, dass diese Einteilung der verschiedenen Tubulusabschnitte ausschließlich für juxtamedullär gelegene Nephrone gilt!

Die Macula densa ist ein Kontaktpunkt zwischen der Pars recta des distalen Tubulus und dem extraglomerulären Mesangium, das von 30 schlanken Zellen mit dicht beieinander liegenden Zellkernen gebildet wird. Das Mesangium hat eine Stützfunktion, indem es über kontraktile Mikrofibrillen an der Basalmembran verankert ist.

Zusammenfassung:

Niere-Rinde:

Hier befinden sich die Nierenkörperchen, die Pars convoluta des Tubulus proximalis und distalis.

Außenzone des Nierenmarks:

- 1) Außenstreifen:
Hier befinden sich die Pars rectae des Tubulus proximalis und distalis sowie die Sammelrohre.
- 2) Innenstreifen:
Hier verlaufen die Pars rectae des Tubulus distalis und die Sammelrohre.

Innenzone des Nierenmarks:

Diese Zone weist Vasa rectae, Sammelrohre und dünne Henle Schleifen auf.

Markstrahlen:

Sie enthalten die Pars rectae des Tubulus proximalis und distalis sowie die Sammelrohre.

Blutweg

Die A. renalis geht über in die A. Interlobaris, die sich in der Columna renalis befindet. Anschließend wird sie zur A. Arcuata und verläuft entlang der Rinden-Mark-Grenze, wo sie die A. Corticalis radiata (A. Interlobularis) abgibt, die zwischen den Markstrahlen verläuft. Später gehen aus ihr die Vasa afferentes hervor, aus denen das Glomerulus entspringt. Aus diesem Kapillarknäuel wiederum entspringen die Vasa efferentes, die im Falle der juxtamedullär gelegenen Nephronen später die Vasa rectae bilden.

19.2 Ureter

Er ist wie die Niere paarig angelegt und ca. 30 cm lang. Das Lumen sieht im ungedehnten Zustand sternförmig aus. Je nach Füllungszustand kann das Urothel seine Form ändern, es ist somit nicht konstant. Dies liegt daran, dass Höhe und Anzahl der Zellschichten variieren können. Bei näherer Betrachtung fällt außerdem auf, dass die Lamina epithelialis nicht einheitlich aufgebaut ist. Es wechseln Abschnitte von mehrschichtigem mit mehrreihigem Epithel.

Im gedehnten Zustand nimmt das Lumen die Form eines Ringes ein und die Höhe des Epithels nimmt ab. Die oberste Schicht des Epithels, die das Lumen auskleidet, wird von sogenannten Deckzellen gebildet, die auch Umbrella cells genannt werden. Mikroskopisch erkennt man sie u.a. daran, dass sie zweikernig sind. Eine Plaqueablagerung auf ihrer Oberfläche, auch Crusta genannt, schirmt das Epithel vor dem hypertonen Harn ab.

Eine zusätzliche Barriere bilden die Tight junctions, die das Epithel lückenlos abdichten. Die Lamina propria des Ureters besteht aus zahlreichen elastischen Fasern, um den Dehnungsansprüchen gerecht zu werden. Die Muscularis lässt im Vergleich zu anderen Hohlorganen eine Dreischichtung erkennen, bestehend aus *Stratum longitudinale internum*, *Stratum circulare* und *Stratum longitudinale externum*.

Der Ureter liegt retroperitoneal und hat aus diesem Grund eine Tunica Adventitia außen anliegen.

19.3 Harnblase

Hier liegt ein ähnlicher Wandaufbau wie im Ureter vor. Das Lumen zeigt Reservefalten, die bei einer vollen Blase verstreichen. Der obere Teil der Harnblasenwand wird im Gegensatz zum Rest von einer Tunica serosa bedeckt, die wie ein Dach der Harnblase oben aufsitzt.

20. Fortpflanzungsorgane, männlich

20.1 Hoden

Im Hoden findet im Schutz der einzelnen Hodenhüllen die Spermatozytenbildung statt. Eine Blut-Hoden-Schranke schirmt die empfindliche Spermatogenese gegenüber exogenen Schadstoffen ab. Die Hoden werden von einer muskelstarken Tunica albuginea umhüllt, von der Septen bis ins Mediastinum testis ziehen. Diese Septen werden von Blut-/Lymphgefäßen und Nerven als Durchgangsstraßen genutzt, um an ihr Ziel zu gelangen.

Das Hodenparenchym wird durch die Septen in Lobuli testis unterteilt. In diesen Lappchen verlaufen mehrere auf 3cm zusammengeknäuelte Samenkanälchen, Tubuli seminiferi contorti, die im gestreckten Zustand eine Länge von ca. 20 cm messen. Diese Kanälchen liegen eingebettet in einem lockeren Bindegewebe aus Gefäßen, Nerven und speziellen Leydig-Zellen, die LH-abhängig Androgene ausschütten.

Die Tubuli seminiferi contorti sind über kurze Tubuli recti mit dem Rete testis verbunden, das seinerseits über Ductuli efferentes mit dem Nebenhodengang in Verbindung steht, wo die Spermien heranreifen.

Tubuli seminiferi

Hierbei handelt es sich um Samen- oder Hodenkanälchen, die stark gewunden vorliegen. In ihnen kommen die Keimzellen vor, die sich zu Spermatozoen weiter entwickeln.

Ihre Wand bildet das Epithelium spermatogenicum, das einer Lamina limitans aufliegt. Es handelt sich hierbei um eine sehr komplexe, mehrschichtige Zellformation, die grundsätzlich aus zwei Zelltypen besteht, den Keimzellen und Sertolizellen.

Tubuli recti

Sie verbinden die samenableitenden Kanälchen mit dem Rete testis. Der Übergang von Tubuli seminiferi in Tubuli recti ist deutlich sichtbar, da er sich durch Vorsprünge des aus Sertoli-Zellen bestehenden Epithels hervorhebt. Das Epithel dieser kleinen Kanälchen ist kubisch.

Rete testis

Das Rete testis besteht aus einem stark verzweigten Netzwerk feiner Kanälchen, die von einem einschichtigen platten bis kubischen Epithel ausgekleidet sind. Vereinzelt kommen ziliotragende Zellen, sowie unterhalb des Epithels glatte Muskelzellen vor.

Ductuli efferentes

8 – 12 an der Zahl verbinden das Rete testis mit dem Nebenhodenkopf, wo die Spermien weiter heranreifen. Auch dieses Kanalsystem liegt zusammengeknäuelte vor. Die Samenflüssigkeit mit den darin enthaltenen Spermien muss insgesamt eine Strecke von ungefähr 10 – 12 cm zurücklegen, um am Nebenhodenkopf anzukommen. Bindegewebe und eine Schicht glatter Muskulatur lagern sich den Kanälen an.

Hochauflösend bemerkt der Betrachter eine sehr unruhig wirkende Oberfläche mit einem unterschiedlich hohen Epithel, das ein- bis zweireihig sein kann.

Aus diesem Grund zeigen quer getroffene Anschnitte ein wellenartiges Oberflächenrelief. Manche Zellen tragen zur Unterstützung des Spermientransports Kinozilien andere Mikrovilli, da sie eher resorptiven Charakter haben.

Sertoli-Zellen

Sie kleiden die Samenkanälchen aus und sind wesentlicher Bestandteil des Keimepithels. Sie liegen dicht nebeneinander und bilden somit eine zusammenhängende Schicht, die an manchen Stellen Erweiterungen für die zum Lumen vorrückenden Zellen der Spermatogenese bereit hält.

Die sich entwickelnden Samenzellen werden von den Sertoli-Zellen eingehüllt, bis sie im adluminalen Kompartiment an das Lumen abgegeben werden. Außerdem besitzen die Sertoli-Zellen die Fähigkeit, die Keimzellen zu ernähren. Weitere Funktionen dieser Zellen sind die Phagozytose und die Produktion von Inhibin, das negativ mit der Freisetzung von FSH gekoppelt ist. Hat der Hoden sein reifes Stadium erreicht, hören die Sertoli-Zellen auf sich zu teilen. Im Präparat lassen sich die oval bzw. pyramidenförmigen Sertoli-Zellen mit ihrem deutlichen Nukleolus im basalen Kompartiment des Keimepithels finden, wo sie mit der Basalmembran der Kanälchen in direktem Kontakt stehen.

Zwischen den Sertoli-Zellen, die sich über das gesamte Keimepithel erstrecken, existieren Zonulae occludentes, die wesentlich zur Blut-Hoden-Schranke beitragen. Die Spermatogonien werden somit von äußeren Einflüssen abgeschirmt.

Leydig-Zellen

Sie gehören zu den interstitiellen Zellen und befinden sich zwischen den Tubuli seminiferi convoluti, wo sie durch LH stimuliert Testosteron produzieren.

Sie bleiben während des gesamten Lebens erhalten und schließen sich meist in Gruppen um die Kapillaren zusammen. Sie zeigen alle typischen Charakteristika von steroidproduzierenden Zellen. Sie verfügen über viel gER, tubuläre Mitochondrien, Lipidtröpfchen, viele Lysosomen und Peroxysomen.

Keimzellen (Spermatogenese)

Es existieren zwei Spermatogonientypen:

Spermatogonien A stellen den Stammzellvorrat dar, weshalb sie sich ständig teilen. Sie sitzen in der unteren Hälfte des Keimepithels auf der Basalmembran.

Spermatogonien B sind nur schwach an die Basalmembran gebunden, da sie sich in Richtung adluminales Kompartiment fortbewegen müssen.

Im Rahmen der Spermatogenese geht ein Spermatozyte des ersten Typs hervor, der einen diploiden Satz Chromosomen (46 chromosomal: 44+xy) mit insgesamt vier Chromatiden (4n DNA) aufweist.

Sie fallen im Schnittpräparat durch ihren großen Zelleib auf, der einen großen Zellkern enthält. Zu diesem Zeitpunkt verharren die Spermatozyten in der Prophase I. Die Prophase der ersten Reifeteilung kann bis zu 22 Tagen andauern.

Aus der ersten Reifeteilung resultieren 2 Spermatozyten des Typs 2, die nur einen haploiden Satz Chromosomen (23 Chromosomen) mit zwei Chromatiden (2n DANN) besitzen.

Nach abgeschlossener 2. Reifeteilung, entstehen nun vier Spermatisden mit einem haploiden Chromosomensatz (23 Chromosomen + 1n DNA). Sie sind die kleinsten Zellen des Keimepithels, die das Lumen bereits erreicht haben.

Frühe Spermatisden lassen sich anhand eines runden Zellkerns von späten Spermatisden unterscheiden, die durch Kernkondensierung, Akrosombildung und Schwanzbildung auffallen. Ihre Schwänze ragen bereits ins Lumen hinein, während die Köpfe in kleinen Nischen der Sertoli-Zellen noch gehalten werden. Sobald die Spermatisden das Keimepithel verlassen haben, nennt man sie Spermatozoen, die sich aus Halsstück, Mittelstück, Hauptstück und Endstück zusammensetzen. In ihrem Mittelstück befinden sich zahlreiche Mitochondrien, die den Energievorrat für die Fortbewegung der Spermatozoen bereitstellen..

20.2 Nebenhoden

Hier reifen die Spermien weiter heran und werden in den Endabschnitten des Nebenhodens, der Cauda epididymidis sowie in der Pars epididymica des Samenleiters gespeichert. Anatomisch lässt sich der Nebenhoden in einen Kopf, Körper und Schwanz (Caput, Corpus, Cauda) gliedern.

Ductus epididymidis

Er ist auf 6cm zusammengeknäuel. Insgesamt jedoch müssen die Keimzellen im Nebenhodengang eine Strecke von 6m zurücklegen. Er weist im Gegensatz zum Ductus efferens ein gleichmäßig hohes, zweireihiges Zylinderepithel mit langen Stereozilien auf. Aus diesem Grund lässt er sich problemlos vom Ductus efferens unterscheiden. Im Bereich von Caput und Corpus befinden sich zahlreiche Myofibroblasten mit kontraktile Eigenschaften, die einen Weitertransport der Spermatozoen ermöglichen.

Ductus deferens

Er ist 40cm lang und entspringt aus dem Nebenhoden. In ihm wird die Spermienflüssigkeit weiter in die Urethra geleitet, nachdem er im Funiculus spermaticus den Leistenkanal passiert hat. Der Querschnitt zeigt ein sternförmiges und enges Lumen, das durch ein zweireihiges Zylinderepithel mit Stereozilien gekennzeichnet ist. Dieses wird von einer dünnen Lamina propria unterlagert.

Im Anschluss folgt eine dreischichtige Muskelwand, die aus einer inneren und äußeren Längsmuskulatur sowie einer mittleren Ringmuskulatur besteht. Die Muskulatur weist eine gut ausgestattete Innervation auf, die es ermöglicht die Spermien zügig in die Harnröhre zu transportieren..

20.3 Prostata

Sie liegt oberhalb des Diaphragma urogenitale dem Blasenrund an. Der Blasenhalshals und die Urethra werden von der Prostata umgriffen.

Sie ist eine exokrine Drüse, die ein Sekret bildet, das 30 % des Ejakulats ausmacht.

Sie besteht aus mehreren verzweigten, tubuloalveolären Drüsen, die in die Urethra führen. Die Weite des Drüsenlumens kann stark variieren. Das Bindegewebe der Prostata wird von zahlreichen glatten Muskelzellen durchspannt, weshalb sie sich im Schnittpräparat relativ gut diagnostizieren lässt. Kleine Schleimhautfalten lassen das Epithel an manchen Stellen eingesenkt erscheinen. Das Epithel ist zweireihig und wechselt je nach sekretorischer Aktivität von kubisch zu zylindrisch. Im Drüsenlumen kommen häufig *Prostatateine* vor, die wahrscheinlich durch Eindickung des Sekrets entstanden sind.

Das Sekret ist dünnflüssig und weist einen pH-Wert von 6,4 auf, um den Spermatozoen im sauren Genital der Frau ein milderes Milieu zu schaffen. Ca. 30 % des Ejakulatvolumens stammen von der Prostata. Das Sekret enthält Prostata-spezifische saure Phosphatase sowie Prostata-spezifisches-Antigen, welches bei einem Prostata-CA erhöht ist.

20.4 Glandula vesiculosa

Die Bläschendrüse produziert ein schwach alkalisches Sekret mit einem pH von 7,2 – 7,5, das durch zwei ca. 15 cm lange, stark gewundene Kanälchen geleitet wird. Ihr Sekret macht ca. die Hälfte der Flüssigkeit des Ejakulats aus. Es ist viskös und reich an Fruktose, das als Energiequelle für die Fortbewegung der Spermien dient.

Das Lumen ist weit und es sind Schleimhautfalten zu erkennen, die sich zu Sekundär- und Tertiärfältchen weiter verzweigen. Das Epithel ist ein- bis zweireihig mit iso- bis hochprismatisch gelegenen Epithelzellen, die reich an sekretorischen Granula sind. Sie zeigen einen Feinbau, der proteinbildenden Zellen entspricht. Ihre Wand verfügt über viel glatte Muskulatur, die bei einer Kontraktion die Sekretauusschüttung bewirkt. Die sekretorische Aktivität ist testosteronabhängig.

21. Fortpflanzungsorgane, weiblich

21.1 Ovar mit Corpus Luteum

Der Ort der weiblichen Keimzellreifung wird von einer Oberfläche aus einschichtigem platten bis kubischen Epithel mit Mikrovilli bedeckt. Die unterhalb des Peritonealepithels angrenzende Tunica albuginea geht als straffes und dichtes Bindegewebe in das Stroma des Ovars über.

Beim Ovar unterscheidet man zwischen *Cortex ovarii* (Rinde) und einer *Medulla ovarii* (Mark). Das *Stroma ovarii* wird von einem dichten spinozellulären Bindegewebe ausgefüllt, das fischzugartig angeordnet ist. Ausschließlich in der Rinde sind die *Folliculi ovarii* (Ovarialfollikel) in ihren verschiedenen Stadien angesiedelt, in denen die Oozyten geschützt heranreifen können. Das Bindegewebe im Mark ist locker und stark vaskularisiert. Die durch das Hilum vom Mesovar ausgehenden Gefäße und Nerven ernähren und innervieren den Eierstock.

Follikel

Die Keimzelle (Oozyte) befindet sich bis zur Pubertät in einem Ruhestadium, der Prophase I, und ist umgeben von einem gefäßfreien und schützenden Follikel­epithel.

Der Primordialfollikel, der im Präparat randständig in der Rinde anzutreffen ist, hat eine Größe von etwa 40µm. Er ist gekennzeichnet durch ein einschichtiges, plattes Epithel.

Die nächste Stufe der Entwicklung stellt der Primärfollikel dar, der mittlerweile zu einer Größe von 100µm herangewachsen ist. Für ihn ist ein einschichtig kubisches bis zylindrisches Epithel charakteristisch. Des Weiteren beginnen sich im Rahmen der Follikelreifung eine Basalmembran und eine Zona pellucida zu bilden, die sich unmittelbar der Oozyte anschmiegen.

Im Stadium des Sekundärfollikels misst der Follikel eine Größe von 200µm und weist nun ein mehrschichtiges Epithel mit Granulosa-Zellen auf, das Stratum granulosum. Währenddessen wird die Zona pellucida deutlich sichtbar aufgrund des erhöhten Glykoproteingehaltes.

Zirkulär angeordnete Stromazellen beginnen eine Theca folliculi aufzubauen. Die Follikelumgebung erhält nun eine Gefäßversorgung.

Der Tertiärfollikel ist unterdessen auf 2-5mm herangewachsen, während sich ein flüssigkeitsgefülltes Antrum folliculare, das Liquor follicularis enthält, ausgebildet hat. Die Eizelle liegt auf einem Vorsprung namens Cumulus oophorus und wird von einer Corona radiata umgeben. Die Zona pellucida hat an Dicke zugenommen und misst nun 120µm.

In diesem Follikelstadium lässt sich eine Gliederung der Theca folliculi in eine Theca interna und Theca externa vornehmen.

Die Theca interna weist mehrere übereinander gestapelte Epithelschichten auf. Um die Theca externa herum, bilden sich konzentrisch angelagerte Myofibroblasten aus. Nachdem mehrere Tertiärfollikel zum Eisprung auserwählt wurden, erfolgt durch FSH induziert eine weitere Größenzunahme zum Graaf-Follikel, der eine Größe von 20-25mm einnimmt. Die Androgenproduktion wird LH-abhängig von der Theca interna geleistet, wobei die Umsetzung zu Östrogenen FSH-abhängig von den Granulosazellen übernommen wird.

Die eigentliche Ovulation erfolgt durch einen starken LH-Anstieg induziert am 14. Tag der Menstruation. Von nun an beginnt die Oozyte mit der Fortsetzung der 1. Reifeteilung und leitet bereits die 2. Reifeteilung bis zur Metaphase ein. Ist das Stadium des sprungreifen Follikels erreicht, beginnen Follikelwand, Tunica albuginea und Oberflächenepithel zu reißen. Daraufhin kontrahieren Myofibroblasten der Theca externa, um die Eizelle hinaus zu befördern. Im Anschluss entsteht ein Corpus rubrum durch Einblutung in die kollabierte Follikelhöhle.

Corpus luteum

Er geht aus dem mit Blut gefüllten Corpus rubrum hervor. Beim Gelbkörper handelt es sich um eine zeitlich begrenzte endokrine Drüse, die aus dem Follikelepithel hervorgeht. Sie besitzen einen ähnlichen Feinbau wie steroidproduzierende Zellen. Er verbleibt in der Rinde des Ovars und sezerniert neben Östrogenen reichlich Progesteron. Die postovulatorisch entstandenen Granulosaluteinzellen produzieren LH-abhängig Progesteron, das die Sekretionsphase der Uterusschleimhaut einleitet. Thekaluteinzellen, die aus Theca interna hervorgehen, zeigen eine für steroidbildende Zellen typische Feinstruktur.

Corpus albicans

Im Falle einer ausbleibenden Befruchtung der Eizelle durch die Spermatozoen, bildet sich das Corpus luteum nach 14 tätiger Verweildauer zurück. Aus dem Untergang des Corpus luteum resultiert der Corpus albicans. Sollte es doch zu einer Konzeption der Eizelle kommen, bleibt der Corpus luteum unter Einwirkung von HCG erhalten. Die ersten zwei Monate übernimmt der Gelbkörper die Progesteronproduktion, bis die Plazenta in der Lage ist Hormone zu produzieren.

21.2 Tuba uterina, quer

Der Eileiter liegt intraperitoneal und ist über ein Mesosalpinx mit dem Lig. latum fixiert. In ihm erfolgt nach der Ovulation die Befruchtung der Eizelle. Er ist wesentlich für den Keimtransport verantwortlich. Nachdem die Oozyte den Eileiter durchlaufen hat, erreicht sie den Uterus nach 4-5 Tagen.

Die Tuba uterina lässt sich in ein Infundibulum, eine Ampulla, Isthmus und Pars uterina gliedern. Das Infundibulum besitzt sogenannte Fimbriae zum Auffangen der Oozyte. Die Wand der Tuba uterina besteht aus einer gefalteten Tunica mucosa, mit Sekundär- und Tertiärfalten. Diese nehmen uteruswärts ab. Das auskleidende Epithel ist einschichtig iso- bis hochprismatisch und ist durch 3 unterschiedliche Zelltypen geprägt.

Zum einen kommen kinezilientragende Flimmerzellen vor, die dem Eitransport dienen.

Desweiteren lassen sich sezernierende Zellen erkennen, die einzeln oder gruppiert zwischen den Flimmerzellen auftauchen und der Instandhaltung des Tubenmilieus dienen.

Ein weiterer Zelltyp sind die über die Epitheloberfläche hinausragenden Stiftchenzellen, die im Präparat schmal und dunkel erscheinen. Ihre Funktion ist bisher unbekannt.

Die Lamina propria mucosae ist locker aufgebaut und enthält zahlreiche Blut- und Lymphgefäße.

Die kräftige Tunica muscularis nimmt uteruswärts ab und weist eine Dreischichtung auf. Eine innere der Mukosa enganliegende Muskelschicht erzeugt peristaltische Kontraktionen, während die äußere für die Eiabnahme verantwortlich ist. An ihrer freien Seite wird die Oberfläche des Eileiters von einem Mesothel bedeckt, dem subseröses Bindegewebe unterlagert ist. Subserös verlaufen ernährnde Gefäße mit zahlreichen Venenästen für die Temperaturregulierung.

21.3 Uterus

Die Gebärmutter ist nicht in voller Ausdehnung von Peritoneum umgeben, lediglich Fundus und Corpus werden von einer *Tunica serosa*, dem Perimetrium umgeben. Die darunter liegende *Tela subserosa* ist eine schmale Bindegewebeschicht mit glatter Muskulatur.

Der Cervix liegt extraperitoneal und ist dementsprechend von einer *Tunica adventitia* umgeben, die aus Bindegewebe besteht, das dem Myometrium von außen anliegt. Das Parametrium verbindet das Organ mit der seitlichen Beckenwand. Es enthält glatte Muskelzellen und ist reich an elastischen Fasern. Aufgrund der in ihm verlaufenden Bänder besitzt es stabilisierende Eigenschaften.

Die *Tunica muscularis*, auch Myometrium genannt, bildet die dickste Schicht der Uteruswand. Die einzelnen Muskelschichten lassen keine klare Schichtung erkennen. Man findet ein unheimliches System aus longitudinal, zirkulär und schräg verlaufenden Muskelfasern vor.

Die mittlere Muskelschicht, das *Stratum vasculosum*, imponiert als stärkste Schicht. Sie ist besonders gefäßreich mit überwiegend zirkulär angeordneten Muskelbündeln. Gegen Ende der Schwangerschaft nimmt die Zahl der Oxytocinrezeptoren aufgrund bevorstehender Wehentätigkeiten zu.

Das Endometrium weist ein einschichtig hochprismatisches Oberflächenepithel auf, das Zellen mit Kinozilien (Flimmerzellen) und sezernierende Zellen mit Mikrovilli trägt.

Das *Stratum functionale endometrii* unterliegt zyklischen Veränderungen und wird während der Menstruation abgestoßen und wieder aufgebaut. Es enthält tubulöse Drüsen, die durch die gesamte Schleimhaut ziehen. Die *Glandulae uterinae* reichen bis zum *Stratum basale*, wo sie sich verzweigen. Die Gefäße im *Stratum functionale* erscheinen stark gewunden, weshalb sie auch als Spiralarterien bezeichnet werden.

Das *Stratum basale endometrii* wird während der Menstruation nicht abgebaut, sondern dient als Reserveschicht. Von hier aus wird in der Proliferationsphase das *Stratum functionale* nach Abstoßung neu aufgebaut. Es enthält verzweigte Endabschnitte der *Glandulae uterinae*. Des Weiteren kommen hier versorgende Basilararterien vor.

Schleimhautzyklus

Der Zerfall der *Functionalis* im Rahmen der Desquamationsphase dauert vom 1-3 Tag an und wird eingeleitet durch einen starken Abfall des Progesteronspiegels. Des Weiteren werden Blutgefäße eröffnet, die die Menstruationsblutung einleiten.

Die anschließende durch Östrogen gesteuerte Proliferationsphase dauert normalerweise vom 4-14 Tag an. In dieser Aufbauphase wird die entstandene Wundfläche durch neues Epithel ersetzt. Zunächst nehmen die Drüsen, bedingt durch ein schnelleres Wachstum als das herumliegende Stroma, eine gerade, später eine geschlängelte Form an. Die Sekretionsphase beginnt in der Regel mit dem 15. Tag und endet am 28. Tag. Diese Phase der Menstruation wird vom Hormon Progesteron gesteuert. Gegen Ende der späten Sekretionsphase, ab dem 21. Zyklustag, fallen die Drüsen durch eine „Sägeblatt-Form“ auf.

Es herrschen nun optimale Bedingungen für eine bevorstehende Nidation der Eizelle. Im Anschluss beginnen die Spiralarterien sich zu kontrahieren, was eine Ischämie mit nachfolgendem Höhenrückgang des Endometriums nach sich zieht und einen neuen Zyklus einleitet. Das *Stratum functionale* kann in ein oberes *Stratum compactum* und ein unteres *Stratum spongiosum* unterteilt werden.

21.4 Uterus-Vagina

Der Cervix wird von einer mit Falten und Krypten geprägten Schleimhaut ausgekleidet. Man könnte aufgrund der Oberflächenbeschaffenheit tubuläre Zervixdrüsen vermuten, die nicht existent sind.

Die Portio vaginalis cervixis hat große klinische Relevanz, da an dieser Stelle ein Epithelwechsel stattfindet, der Gefahr birgt für die Ausbildung von Cervix-Karzinomen.

Das Epithel des Cervix ist einschichtig zylindrisch und enthält schleimproduzierende Zellen mit einem hellen Zytoplasma und basal liegenden Kernen. Der von ihnen synthetisierte zähe Schleim dient dem Infektionsschutz. Vereinzelt lassen sich auch kinezilientragende Zellen erkennen.

Basalständig liegen kleine Reservezellen. Eine Tela mucosa fehlt, so dass die Mukosa direkt der Muskulatur aufsitzt.

Die Portio vaginalis cervicis trägt ein unverhorntes mehrschichtiges Plattenepithel. Durch Überwachsen der Schleimhaut mit mehrschichtig unverhorntem Plattenepithel, entstehen sogenannte Retentionszysten, die auch unter dem Namen „Ovula Nabothi“ bekannt sind.

21.5 Placenta reif

Sie ist aufgebaut wie eine dicke Scheibe von ca. 20cm Durchmesser und wiegt ungefähr 500g. Die Dezidua gehört zum maternalen Anteil und stellt die Functionalis nach Einnistung der Zygote bereit.

Stellt man sich die Plazenta vereinfacht als Topf vor, so bildet die Basalplatte, welche überwiegend maternalen Herkunft ist, den Topfboden dar. Das Topfplumen stellt den intervillösen Raum dar, welcher mit maternalem Blut gefüllt ist und unvollständig durch basal ausgehende Deziduasepten unterteilt wird.

Zum fetalen Abschnitt zählt das Chorion bestehend aus der Chorionplatte, die im übertragenen Sinn den Topfdeckel darstellen soll. Die Platte wird von einem einschichtigen hochprismatischen bis isoprismatischen Epithel, auch Amnionepithel genannt, bedeckt. Dieses Epithel wird von Amnionflüssigkeit durchspült. Zottenbäume, die das fetale Blut enthalten, schwimmen im mütterlichen Blut. Der Zottenkern dieser Zottenbäume besteht unter anderem aus Mesenchym mit Makrophagen, den Hofbauer-Zellen. Im ersten Drittel der Schwangerschaft beinhalten die Zottenbäume noch blass gefärbte Zytotrophoblast-Zellen, die zum Ende der Schwangerschaft immer weniger werden. Außen lagern sich Synzytotrophoblasten an, die sich aus Trophoblasten entwickeln. Die Plazenta ist an der Dezidua über Haftzotten verankert, die mit der Basalplatte verwachsen sind.

Blutzirkulation

Fetal gelangt das Blut über zwei Aa. Umbilicales zu radiär angeordneten Arterien der Chorionplatte. Von dort aus geht es weiter zu den Zottenbäumen, die ihrerseits das Blut zum Kapillarbett der Terminalzotten für den Stoffaustausch weitertransportieren. Der Rücktransport des mittlerweile mit Sauerstoff und Nährstoffen angereicherten Bluts erfolgt über die V. Umbilicalis.

Maternale Spiralarterien pressen das Blut mit einem hohen Druck in den intervillösen Raum, dem sich weite Venenöffnungen anschließen.

Plazentaschranke

Sie wird gebildet von Synzytiotrophoblasten, Zytotrophoblasten (soweit vorhanden), Basallamina, dem Zottenbindegewebe, Mesenchym, der Basallamina der fetalen Kapillaren und dem Endothel.

Hormonbildung

Zu den Hormonprodukten der Plazenta gehören das HCG zur Aufrechterhaltung des Corpus luteum, die Östrogene für das Wachstum von Uterus und Brustdrüse, Progesteron zur Differenzierung und Aufrechterhaltung der Dezidua.

Außerdem bildet die Plazenta das Chorion-Somatomammotropin, um ein ausreichendes Glucose-Angebot für den Fetus bereitzuhalten.

21.6 Mamma non lactans

Die nicht laktierende Brustdrüse besteht aus 10-20 Einzeldrüsen, die in bindegewebigem Stroma und Fettzellen eingelagert sind. Das Verhältnis von Stroma, Adipozyten und Drüsengewebe variiert stark, je nachdem ob man eine laktierende bzw. eine nicht-laktierende Mamma betrachtet. Der Ductus lactifer colligens mündet in den Milchporus der Brustwarze, auch Papilla mamaria genannt. Der Übergang in den Milchporus ist durch eine Erweiterung, den Sinus lactifer, des Ductus colligens gekennzeichnet. Der Hauptausführungsgang trägt ein ein- bis zweischichtiges prismatisches Epithel. Der Ductus lactiferi gehört zum nächst kleineren Gangsystem und zeigt ein zweischichtiges, isoprismatisches Epithel mit außen anliegenden Myoepithelzellen. Es folgt der Terminalductus, die kleinste Einheit des verzweigten Gangsystemes. Er drainiert einen Lobulus und beinhaltet Stammzellen. Die meisten Mamma-CAs haben ihren Ursprung in der TDLE (Terminalductus-Lobulus-Einheit). Die Endstücke haben enge Tubuli ohne ein erkennbares Lumen. Außerdem werden sie von einem kubischen Epithel mit Myoepithelzellen ausgekleidet.

Lobulus:

Zu den Lobuli zählen alle Endstücke, die jeweils von einem Terminalductus drainiert werden. Sie liegen als Gruppen in Feldern vor und bilden die Lobi. Das interlobuläre Bindegewebe umfasst ein faserreiches Stroma mit individuell unterschiedlich vielen Fettzellen.

21.7 Mamma lactans

Die laktierende Brustdrüse zeigt einige Unterschiede zur Mamma non lactans. Das Gangsystem beginnt sich unter Einfluss von Östrogenen auszudehnen. Auch die Endstücke beginnen unter Einfluß von Progesteron und Prolaktin sich zu dicht gepackten tubuloalveolären Endstücken zu differenzieren. Die Lobuli sind in ihrem aktiven Zustand enorm vergrößert und das intra- bzw. interlobuläre Bindegewebe ist stark reduziert.

Nach Ausreifung der Endstücke beginnen diese mit der Milchsynthese. Das Bindegewebe weist viele apokrin ausgeschüttete Fetttröpfchen auf. Die Milchejektion wird durch taktile Stimuli der Mamille über Myoepithelzellen ausgelöst. An der Steuerung dieses Vorganges ist das Hormon Oxytocin beteiligt. Die Milch setzt sich aus 88% Wasser, 7% Lactose, 4% Lipidtröpfchen, 1% Proteine, IgA, Ionen und anderen Stoffen zusammen. Die Abgabe von Milchproteinen erfolgt durch merokrine Sekretion.

22. Endokrine Organe

22.1 Hypophyse

Die Hirnanhangsdrüse liegt in der Sella turcica und setzt sich aus der Adeno- und Neurohypophyse zusammen. Die Neurohypophyse (Hypophysenhinterlappen) ist Teil des Hypothalamus und dient nur der Hormonspeicherung und Ausschüttung. Der Hinterlappen verfügt über einen trichterförmigen Hypophysenstiel (Infundibulum). In der Neurohypophyse sind keine Nervenzellkörper vertreten, sondern nur marklose Axone, über welche der Hypophysenhinterlappen seine Hormone erhält. Der eigentliche Transport der Hormone erfolgt innerhalb der Axone über Kinesin. Die Somata der Axone liegen im darüberliegenden Ncl. Supraopticus und Ncl. Paraventricularis, die zur anterioren Kerngruppe des Hypothalamus gehören. Im Bindegewebe zwischen weitlumigen Kapillaren und marklosen Axonen lassen sich ebenfalls Pituizyten (Gliazellen) diagnostizieren. Zwischen Gefäßsystem und Hypophysengewebe existiert keine Blut-Hirn-Schranke. Zu den Hormonen, die über die Neurohypophyse ausgeschüttet werden, gehören ADH aus dem Ncl. Supraopticus sowie Oxytocin aus dem Ncl. Paraventricularis.

Adenohypophyse (Hypophysenvorderlappen)

Innerhalb des Vorderlappens stellen 5 verschiedene Zelltypen 6 verschiedene Hormone her. Über ein Pfortader ähnliches Kapillarsystem erreichen sogenannte Steuerhormone, releasing bzw. inhibitory cells die Adenohypophyse. Die Adenohypophyse stellt den Hauptteil der Organmasse dar. Die Epithelzellen sind in Strängen und Nestern angelegt und umgeben von einer Basallamina sowie retikulären Fasern. Die Zellen speichern ihre Hormone in Sekretgranula.

Zu den azidophilen Zellen, die im Präparat pink erscheinen, zählen die Mammotropen Zellen, die Prolaktin herstellen, welches zu den Brustdrüsen transportiert wird. Außerdem gehören die somatotropen Zellen dazu, die Growth-Hormone synthetisieren, welche anschließend in die Leber, Muskulatur, Knochen und Knorpel gelangen.

Zu den basophilen Zellen, die im Präparat lila erscheinen, gehören einmal die Kortikotropen Zellen, die Adrenocorticotrope Hormone (ACTH) herstellen, die zur Nebenniere transportiert werden. Weiterhin zählen dazu Thyrotrope Zellen, die Thyroidea-stimulierendes Hormon (TSH) synthetisieren, welches anschließend zur Schilddrüse gelangt, sowie Gonadotrope Zellen, die Follikel-stimulierendes Hormon (FSH) herstellen.

Desweiteren werden Luteinisierende Hormone (LH) hergestellt, die ihr Zielgewebe in Ovar und Hoden haben.

Bei den Chromophoben Zellen handelt es sich wahrscheinlich um hormonleerte, undifferenzierte Stammzellen. Es sind weitlumige sinusoidale Kapillaren angelegt, mittels derer die Hormonsekretion reguliert werden kann. Hormone der Zielorgane sind in der Lage über eine negative Rückkopplung die weitere Sekretion der Adenohypophyse zu hemmen.

Das Hypophysen-Portalsystem setzt sich aus zwei hintereinander geschalteten Kapillarsystemen zusammen. Über das erste Gefäßsystem gelangen die regulierenden releasing- bzw. inhibitory cells der Ncll. arcuati und Ncll. tuberales zum zweiten System, der Adenohypophyse. Hier liegt keine Blut-Hirn-Schranke vor.

22.3 Glandula thyroidea

Die Schilddrüse ist von einer bindegewebigen Kapsel umgeben. Septen unterteilen das Parenchym in Läppchen. Zu einem Läppchen zählen mehrere Follikel, die ein einschichtiges Epithel aufweisen, welches durch Tight junctions gegen das Follikellumen und Stroma abgedichtet wird. Das Follikellumen ist mit einer Substanz namens Kolloid gefüllt.

Die Größe der Follikel und die Höhe des Epithels sind abhängig vom Aktivitätszustand der Schilddrüse. Charakteristisch für eine aktive Schilddrüse ist ein hohes Follikel-epithel und das Auftreten von kleinen Follikeln. Die inaktive Schilddrüse zeichnet sich durch ein flaches Epithel und große Follikel aus.

Zwischen den Follikeln befindet sich Stroma mit einem dichtstehenden, fenestrierten Kapillarnetz. Die Regulation der Schilddrüsenfunktion erfolgt über TRH aus dem Hypothalamus, das positiv gekoppelt ist mit dem TSH aus der Adenohypophyse. T_3 Triiodthyronin und T_4 Thyroxin sind weitere Hormone, die an dieser Regulierung beteiligt sind.

Bevor T_3 und T_4 sezerniert werden können, muss eine Vorstufe namens Thyreoglobulin vom Follikel-epithel gebildet werden. Anschließend erfolgt im Follikellumen die Iodierung des Thyreoglobulin, bevor Thyreoglobulin TSH-abhängig wieder im Epithel aufgenommen werden kann. Nun wird Thyreoglobulin durch lysosomale Prozesse zu T_3 und T_4 gespalten. Kälte stellt den stärksten Stimulus für die endokrine Sekretion dar. Zum Wirkungsspektrum von T_3 und T_4 gehören Wachstum, Entwicklung, sowie eine Erhöhung des Energieumsatzes und Wärmeproduktion. Ein weiterer Zelltyp sind die C-Zellen, die in Gruppen zwischen Follikeln angesiedelt sind. Aufgrund ihrer Lage bezeichnet man sie auch parafollikuläre Zellen, die keinen Kontakt zum Follikellumen ausüben. Sie sind in der Lage Calcitonin, den Gegenspieler des Parathormons auszuschütten, das den extrazellulären Calciumspiegel senkt.

22.4 Epithelkörperchen (Gll. parathyroideae)

Hierbei handelt es sich um insgesamt vier kleine Organe, die in der Regel an der Rückseite der Schilddrüse anzutreffen sind. Aufgrund ihrer kleinen Gestalt sind sie bei Schilddrüsenoperationen stark gefährdet.

Charakteristisch für die Epithelkörperchen sind u.a. in Strängen angeordnete Hauptzellen, die polygonal mit einem großen runden Zellkern in Erscheinung treten. Das Zytoplasma ist blass bis stärker gefärbt je nach Glykogengehalt und Aktivitätszustand.

Es lassen sich also helle von dunklen Hauptzellen unterscheiden. Sie sind in der Lage Parathormone auszuschütten, um den extrazellulären Calciumspiegel anzuheben. Außerdem lassen sich oxyphile Zellen in den Epithelkörperchen erkennen, die etwas größer sind und einen kleineren Kern besitzen. Sie gehen aus Zwischenformen der Hauptzellen hervor und sind nicht so zahlreich vertreten wie die Hauptzellen. Die Funktion dieser Zellen ist bisher jedoch nicht bekannt. Zwischen diesen Zellstrukturen lassen sich zarte Bindegewebsstraßen mit Kapillaren und Fettzellen erkennen.

22.5 Nebenniere (Gl. suprarenalis)

Sie wird umgeben von einer bindegewebigen Organkapsel. Die Nebennierenrinde lässt sich insgesamt in drei untereinander liegende Zonen gliedern.

Die Zona glomerulosa umfasst eine schmale Schicht direkt unterhalb der Kapsel, die in Nestern angeordnete Zellen enthält. Ihr Inhalt besteht aus wenigen Lipidtröpfchen mit Cholesterin. Ihre Aufgabe ist die Sekretion von Mineralcorticoiden wie z.B. das Aldosteron..

Die darunterliegende Zona fasciculata füllt beim Erwachsenen den größten Teil der Rinde aus. Die Zellen sind in radiären Strängen angeordnet und weisen zahlreiche Lipidtröpfchen auf. Sie schütten sogenannte Glucocorticoide z.B. Cortisol aus.

Es folgt die Zona reticularis, die kleine azidophile Zellen umfasst, welche in Netzen angeordnet sind. Sie enthalten nur wenige Lipidtröpfchen und schütten Androgene aus.

Das Organ wird durch die ACTH-Sekretion der Adenohypophyse reguliert. Typische Merkmale steroidhormon-produzierender Zellen der Zona fasciculata sind ein glattes ER, Mitochondrien vom tubulären Typ sowie zahlreiche Lipidtröpfchen, in denen Cholesterin gespeichert wird. Über Sinusoide des Marks werden die Rindenhormone letztendlich in den Kreislauf abgegeben.

Das Nebennierenmark enthält große epitheloide Zellen, die in Gruppen und Strängen angeordnet sind und postganglionären sympathischen Neuronen entsprechen. Ihre Funktion ist die Sekretion von Katecholaminen, die zu 80% aus Adrenalin und zu 20% aus Noradrenalin bestehen. Des Weiteren befinden sich hier muskelstarke Drosselvenen, die ihren Lumendurchmesser variieren können, um die Katecholaminabgabe zu regulieren.

23. Sinnesorgane

23.1 Auge

Wandschichten des Augapfels

Die äußerste Schicht, die den Augapfel bedeckt, nennt man Tunica fibrosi bulbi.

Man unterscheidet zwischen der lichtabgewandten Seite, der Sklera, und der vorderen Seite, der lichtdurchlässigen Cornea.

Die Sklera dient dem Augapfel als Schutzbarriere. Sie ist auch bekannt unter dem Namen Lederhaut oder weiße Augenhaut. Es folgt eine darunter liegende Schicht, namens Tunica vasculosa. Die darauffolgende innerste Schicht wird von der Retina gebildet, die die eigentlichen Sinneszellen enthält.

Das Pigmentepithel mit den darin enthaltenen Stäbchen- und Zapfenzellen weist eine Stelle auf, die keine Sinneszellen enthält. Dieser Bereich wird als Discus n. Optici oder blinder Fleck bezeichnet, in dem die Nervenfasern des Opticusnervs austreten.

Lateral dieser Austrittsstelle befindet sich ein gelber Fleck mit der Fovea centralis, ein Bereich mit der höchsten Sinneszellendichte der Retina. Hier entsteht aufgrund der hohen Zelldichte das schärfste Sehen.

Kammerwinkel

Innerhalb dieser Struktur, die sich zwischen Sklera und Iris befindet, kann das Kammerwasser über einen sogenannten Schlemmkanal in die Ziliarvenen wieder abfließen. Abflussbehinderungen können den Augeninnendruck erheblich erhöhen und somit zu schweren Sehstörungen führen.

Corpus ciliare

Der Strahlenkörper ist ein Abschnitt, der der mittleren Augenschicht, der Uvea, zuzuordnen ist. Er fixiert über Zonulafasern ausgehend von der Pars plicata die Linse und ist in der Lage die Brechkraft der Linse über Fern- und Nahakkommodation anzupassen. Die Akkommodation erfolgt über den M. Ciliaris. Eine weitere Funktion des Ziliarkörpers ist die Produktion von Kammerwasser, die in der Pars plicata erfolgt. Der Corpus ciliare wird von einem zweischichtigen Epithel überkleidet, dessen äußerste Schicht pigmentiert ist, während die innere Schicht keine Melanosomen aufweist. Es fällt auf, dass das Epithel von beiden Seiten von einer Basallamina umhüllt wird.

Iris/Linse

Die Iris ist verantwortlich für die individuelle Augenfarbe, durch den Gehalt von Melanin. Die Hinterfläche der Iris, die der Linsenkapsel von oben aufliegt besteht aus einem zweischichtigen Pigmentepithel, während die entgegengesetzte, dem Licht zugewandte Seite, vom M. dilatator pupillae gebildet wird. Innerhalb der Iris lassen sich im Schnittpräparat Muskelfasern des M. sphinkter pupillae erkennen, die im Bindegewebe von zahlreichen Kernen der Fibroblasten umgeben werden.

N. Opticus

Im Schnittpräparat des N. opticus lassen sich von außen nach innen die Dura mater, die Sklera und die Choroidea mit ihren Ziliargefäßen erkennen.

Retina

Die Netzhaut lässt sich in eine Pars optica und Pars caeca gliedern. Sie ist aus zwei Epithelschichten zusammengesetzt. Im Abschnitt der Iris besteht die Pars caeca aus zwei pigmentierten Einzelschichten. Unterhalb der inneren melaninhaltigen Schicht schließt sich eine Bruch-Membran an. Im Bereich des Corpus ciliare ist nur die äußere der beiden Schichten melaninhaltig, während an der Ora serrata sich die innere pigmentlose Schicht in das Stratum nervosum fortsetzt.

Der Aufbau der Pars optica der Retina sieht von außen nach innen folgendermaßen aus:

Die äußerste Schicht umfasst die Stäbchen- und Zapfenzellen. Es folgt das Stratum limitans externum, die äußere Grenzschicht, der oben das Stratum nucleare externum aufliegt. Im Präparat lassen sich hier die dunklen Perikarya der Sinneszellen erkennen. Anschließend schmiegt sich das Stratum plexiforme externum an, das geprägt ist von den axonalen Verschaltungen zwischen 1. Neuron und 2. Neuron. Darüber erscheint eine weitere dunkle Schicht, das Stratum nucleare internum, in der sich die Zellkörper der bipolaren Nervenzellen befinden. Nun schließt sich das Stratum plexiforme internum an, in dem die synaptischen Verknüpfungen zwischen den bipolaren Zellen mit dem 3. Neuron liegen. Darüber liegt die Ganglienzellschicht mit ihren großen Zellkörpern, die das 3. Neuron darstellen. Im darüberliegenden Stratum neurofibrarum verlaufen die Nervenfasern des dritten Neurons, die später den N. opticus bilden. Als innerste, dem Lichteinfall zugewandte Schicht, legt sich das Stratum limitans externum, die innere Grenzschicht, an.

Linse

Die Linse wird ganz außen von einer Linsenkapsel umgeben, die das einschichtige Linsenepithel bedeckt. Die Hinterfläche besitzt kein Epithel. Im Schnittpräparat tauchen unterhalb des Linsenepithels kernhaltige Linsenfasern innerhalb der Linsenrinde auf. Weiter distal im Linsenkern erscheinen kernlose Linsenfasern. Die Regenerierung des Linsengewebes geht von der Zona germinativa aus, in der sich teilungsfähige Zellen zu Linsenfasern umwandeln und dem Linsenkern anlagern. Bei den kernnahen Linsenfasern handelt es sich um die ältesten Vertreter.

23.2 Das Augenlid

Die Augenlider schützen die freie Oberfläche des Bulbus vor äußeren Einflüssen wie z.B. intensiver Lichteinfall. Die Form des Augenlides wird durch die Lidplatte stabilisiert, die aus straffem Bindegewebe besteht. Die Lidplatte wird in der Fachsprache Tarsus genannt. Der vom N. Facialis innervierte M. Orbicularis strahlt unter die Kutis des Lides und ist für den Lidschluss verantwortlich. Weiterhin befinden sich an der Ober- und Unterkante des Tarsus die Musculi tarsales superiores. Im Präparat ist, vor dem Tarsus gelegen, quergestreifte Muskulatur zu erkennen, bei der es sich um den M. orbicularis oculi handelt. Seine Kontraktion bewirkt den Lidschluss. Das Oberlid zeigt in seinem Stroma einstrahlende Sehnen des M. levator palpebrae superior und inferior.

Die das Augenlid einhüllende Haut ist schmal und kaum verhornt. Es sind keine Adipozyten in der darunter liegenden Lamina propria zu diagnostizieren. Die Kutis geht am Lidrand in die Fornix Conjunctivae über, die sich an der Hinterfläche des Lides befindet. Sie trägt ein mehrschichtiges plattes oder kubisches Epithel.

Am Augenlid werden vier Drüsen unterschieden. Dazu gehören zum Einen talgproduzierende Meibom und Zeis-Drüsen. Die Meibom-Drüsen befinden sich an der Hinterseite des Lidrandes und münden unabhängig von Haarfollikeln an der Hautoberfläche. In der Nähe der Wimpern liegen die Zeis-Drüsen und apokrine Schweißdrüsen, die Moll-Drüsen. Die dritte Drüsenart sind sogenannte Krause-Drüsen, bei denen es sich um unter dem Konjunktivaepithel gelegene Tränendrüsen handelt.

24.

Literaturverzeichnis

24.1 Literaturquellen

Renate Lüllmann-Rauch: Taschenlehrbuch Histologie 2. Auflage, Thieme Verlag, Stuttgart

N. Ulfig: Kurzlehrbuch Histologie, 2. Auflage, Thieme Verlag, Stuttgart

W. Kühnel: Taschenatlas der Zytologie, Histologie und mikroskopischen Anatomie, Thieme-Verlag, Stuttgart

Junqueira, Carneiro: Histologie 6. Auflage Springer Verlag

U. Welsch: Sobotta Lehrbuch Histologie, Elsevier Verlag

H. Leonhardt: Histologie, Zytologie und Mikroanatomie des Menschen, Thieme-Verlag, Stuttgart

Skript zum Histologie Kurs der Uni Köln - Skriptenzimmer der Fachschaft Medizin Universität zu Köln

24.2 Internetquellen

<http://www.anatomiedesmenschen.uni-koeln.de/mikro/index.html>

<http://mediwiki.uni-koeln.de/index.php/Histologiekurs>

Vorlesungsbegleitende Materialien von Frau Dr. med. Stefanie Kürten